

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

⑫ **Übersetzung der  
europäischen Patentschrift**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 04 N 1/46**

⑦ **EP 0 659 322 B 1**

⑩ **DE 693 17 567 T 2**

- |   |   |                |
|---|---|----------------|
| ⑳ | Deutsches Aktenzeichen:                               | 693 17 567.2   |
| ㉑ | PCT-Aktenzeichen:                                     | PCT/EP93/02002 |
| ㉒ | Europäisches Aktenzeichen:                            | 93 917 670.7   |
| ㉓ | PCT-Veröffentlichungs-Nr.:                            | WO 94/06242    |
| ㉔ | PCT-Anmeldetag:                                       | 27. 7. 93      |
| ㉕ | Veröffentlichungstag<br>der PCT-Anmeldung:            | 17. 3. 94      |
| ㉖ | Erstveröffentlichung durch das EPA:                   | 28. 6. 95      |
| ㉗ | Veröffentlichungstag<br>der Patenterteilung beim EPA: | 18. 3. 98      |
| ㉘ | Veröffentlichungstag im Patentblatt:                  | 15. 10. 98     |

⑳ **Unionspriorität:**  
92115339                      08. 09. 92    EP

㉑ **Patentinhaber:**  
Agfa-Gevaert N.V., Mortsel, BE

㉒ **Vertreter:**  
derzeit kein Vertreter bestellt

㉓ **Benannte Vertragsstaaten:**  
BE, DE, FR, GB, NL

㉔ **Erfinder:**  
GOVAERT, Rene, Raymond, B-2950 Kapellen, BE

⑨ **VERFAHREN UND GERÄT ZUR KENNZEICHNUNG VON FARBAUSGABEEINRICHTUNGEN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

**DE 693 17 567 T 2**

**DE 693 17 567 T 2**

Erfindungsgebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kennzeichnung von Farbausgabeeinrichtungen und ist auf eine Vielfalt von Farbdruckausgabetechnologien anwendbar. Insbesondere wird durch die vorliegende Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kennzeichnung der Bildsignale eines Farbausgabegeräts unter Verwendung geräteunabhängiger Farbdarstellungen bereitgestellt.

Bei der geräteunabhängigen Farbkommunikation müssen Eingabe- und Ausgabegeräte (wie z.B. Scanner und Druckgeräte) jeweils durch geräteunabhängige Farbdarstellungen wie zum Beispiel die CIEXYZ- oder die CIEL\*a\*b\*-Koordinaten gekennzeichnet werden. Das Ziel der Farbkennzeichnung von Ausgabegeräten besteht darin, die Beziehung zwischen der geräteunabhängigen Farbdarstellung und den geräteabhängigen Farbbildsignalen zu definieren, die die Menge von Färbemitteln (Tinten, Pigmenten, Farbstoffen, Toner) steuern, die in dem Gerät zur Wiedergabe einer Farbe verwendet werden. Auf der Grundlage dieser Beziehung kann eine spezifische Zielfarbe bzw. können spezifische Zielfarben eines Originalbilds mit einem hohen Grad der Farbentsprechung wiedergegeben werden. Vorzugsweise enthält die Farbkennzeichnung außerdem Informationen über den Farbwiedergabebereich oder Farbumfang der Ausgabegeräte.

Stand der Technik

Die europäische Patentanmeldung EP-A-264 281 offenbart ein Verfahren zum Drucken einer Farbe auf Papier, die mit einer Farbe auf einer Bildröhrenanzeige übereinstimmt. Das Verfahren basiert auf linearen Mischberechnungen in dem CIExyY-Farbraum.

Das europäische Patent EP-B1-124 908 beschreibt ein Verfahren zur Gewinnung von Raster-Punktprozenten, die erforderlich sind, um durch Ausdrucken die Farbe eines Farbenbeispiels wiederzugeben. Das Verfahren basiert auf der Messung der Farbdichte.

Die US-A-5 121 196 beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung einer Kombination aus Gelb-, Magenta-, Cyan-

und Schwarzfarbdichten (CMYK-Farbdichten) aus einem Farbwert, der im Farbraum ausgedrückt wird. Es werden 100%ig nach Farbe korrigierte Farbbereiche gemessen und eine Beziehung zwischen dem im Farbraum ausgedrückten Farbwert und den CMYK-Werten hergestellt. Die CMYK-Werte für eine Farbe, die nicht in einem Farbbereich liegt, werden in einer Ausführungsform durch ein Konvergenz-Interpolationsverfahren erhalten. Dieses Verfahren hat den Nachteil, daß es sich bei der Bestimmung der entsprechenden, einer Zielfarbe entsprechenden geräteabhängigen Koordinaten auf die Interpolation in dem nichtlinearen geräteabhängigen Raum verläßt.

#### Zusammenfassung der Erfindung

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Farbbildverarbeitungsverfahren und eine Farbbildverarbeitungsvorrichtung zur Kennzeichnung der Farbbildsignalwerte eines Farbausgabegerätes bereitzustellen, wobei geräteunabhängige Farbdarstellungen (z.B. CIEL\*a\*b'-Koordinaten) verwendet werden. Dies bedeutet, daß das Verfahren und die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung die Bestimmung der geräteunabhängigen Farbwerte und die Erzeugung von Signalen (z.B. digitaler Signale, die diesen entsprechen) und damit der Farbbildsignalwerte für ein Farbwiedergabegerät ermöglichen, so daß das Farbwiedergabegerät Farben erzeugt, die mit Zielfarben identisch sind oder diesen derart am nächsten kommen, daß der menschliche Beobachter nicht zwischen der Zielfarbe und der durch das Farbausgabegerät mittels der vorliegenden Erfindung erzeugten Farbe unterscheiden kann. Das System ist universell, d.h. auf verschiedene Farbdruckausgabetechnologien (Offset, Elektrofotografie, Gravierung, Fotografie usw.) anwendbar.

Farbbildsignalwerte sind vorzugsweise eine Kombination dreier Werte (ein Tripel ABC), die verwendet werden, um drei oder mehr Farb-Steuersignale zu erzeugen. Farb-Steuersignale sind eine Kombination

von drei oder mehr geräteabhängigen Signalen, wie zum Beispiel eine Kombination von RGB- (Rot, Grün, Blau) oder CMYK-Signalen, die zur Steuerung des Prozessors eines Farbwiedergabe-Ausgabegeräts dienen, so daß  
5 dieses die Farben erzeugt, die diesen Farbsteuersignalen entsprechen. Die Signale werden geräteabhängig genannt, da eine gleiche Kombination dieser Farbsteuersignale normalerweise bei verschiedenen Farbausgabegeräten zu verschiedenen  
10 Farben führt.

Zur eindeutigen Definition jeder Farbe des Farbspektrums werden geräteunabhängige Farbkoordinaten verwendet. Geräteunabhängige Koordinaten sind z.B. CIEXYZ- oder CIEL\*a\*b\*-Koordinaten.

15 Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen hohen Genauigkeitsgrad zu erzielen, indem die Farb-Abtastwerte über den Farbraum verteilt werden. Dies wird durch Verwendung einer hohen Konzentration von Abtastwerten in den Bereichen des  
20 Farbumfangs des Farbausgabegeräts mit nichtlinearem Ansprechverhalten erzielt.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine hohe Genauigkeit zu erzielen und dabei die Zahl der Berechnungen niedrig genug zu  
25 halten, so daß ein schnelles Verfahren und eine praktische und wirksame Vorrichtung bereitgestellt wird. Dies wird durch Interpolation nur einer begrenzten Menge von Gitterzwischenpunkten in dem ABC-Raum der geräteabhängigen Farbbildsignalkoordinatentri-  
30 pel eines Farbausgabegeräts erzielt.

Noch eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Farbwiedergabe mit minimalem wahrgenommenen Farbunterschied zwischen der Zielfarbe und der wiedergegebenen Farbe zu garantieren.  
35 Dies wird durch Verwendung geräteunabhängiger Koordinaten und eines  $\Delta E$ -Farbdifferenzkriteriums erzielt, das der durch den menschlichen Beobachter wahrgenommenen Farbdifferenz sehr nahe kommt.

25.05.99

Durch die vorliegende Erfindung wird ein Verfahren zur Erzeugung geräteabhängiger Farbbildsignale bereitgestellt, die Zielfarben zumindest approximieren, wobei eine erste Konvertierungstabelle verwendet wird, die geräteabhängige Farbbildsignaltripel eines Farbausgabegeräts und ihre entsprechenden geräteunabhängigen Koordinatentripel enthält, wobei das besagte Verfahren folgendes umfaßt:

10 (1) Bestimmung eines ersten geräteunabhängigen Koordinatentripels in der besagten ersten Konvertierungstabelle, das den kleinsten Farbdifferenzwert  $\Delta E$  mit dem geräteunabhängigen Koordinatentripel einer Zielfarbe aufweist;

15 (2) Bestimmung eines ersten geräteabhängigen Farbbildsignaltripels auf der Grundlage der besagten ersten Konvertierungstabelle, das dem besagten ersten geräteunabhängigen Koordinatentripel entspricht;

20 (3) Definition einer Gruppe zweiter geräteabhängiger Farbbildsignaltripel, die das besagte erste geräteabhängige Farbbildsignaltripel umgeben;

25 (4) Bestimmung zweiter geräteunabhängiger Koordinatentripel, die jedem Tripel der Gruppe zweiter geräteabhängiger Farbbildsignaltripel entsprechen, auf der Grundlage der besagten ersten Konvertierungstabelle oder durch Interpolieren zwischen geräteunabhängigen Koordinaten-/geräteabhängigen Farbbildsignaltripeln, die aus der besagten ersten Konvertierungstabelle bekannt sind;

30 (5) Bestimmung des Farbdifferenzwertes  $\Delta E$  zwischen jedem Tripel der Gruppe zweiter geräteunabhängiger Koordinatentripel und dem geräteunabhängigen Koordinatentripel der besagten Zielfarbe;

35 (6) Auswahl eines Tripels der Gruppe besagter zweiter geräteunabhängiger Koordinatentripel, das den kleinsten Wert von  $\Delta E$  aufweist; und

(7) Verwendung des geräteabhängigen Farbbildsignaltripels, das dem geräteunabhängigen

Koordinatentripel mit dem kleinsten Wert von  $\Delta E$  entspricht, um ein geräteabhängiges Farbbildsignal zu erzeugen.

Durch die vorliegende Erfindung wird außerdem  
5 eine Vorrichtung zur Erzeugung geräteabhängiger Farbbildsignale bereitgestellt, die bei der Verwendung zur Erzeugung einer Farbe mit einem Farbausgabegerät Zielfarben zumindest approximieren, wobei die Vorrichtung folgendes umfaßt:

10 (a) Eingabemittel zum Empfangen eines geräteunabhängigen Koordinatentripels einer gegebenen Zielfarbe;

(b) ein erstes Speichermittel, in dem eine erste Konvertierungstabelle gespeichert wird, wobei die  
15 besagte erste Konvertierungstabelle geräteabhängige Farbbildsignaltripel eines Farbausgabegeräts und ihre entsprechenden geräteunabhängigen Koordinatentripel enthält;

(c) ein Datenprozessormittel, um auf der  
20 Grundlage der besagten ersten Konvertierungstabelle eine Konvertierung des besagten geräteunabhängigen Tripels der besagten Zielfarbe in ein erzeugtes geräteabhängiges Farbbildsignalkoordinatentripel durchzuführen, das die besagte Zielfarbe zumindest  
25 approximiert, wobei das besagte Datenprozessormittel weiterhin für folgendes ausgelegt ist:

Bestimmung eines ersten geräteunabhängigen Koordinatentripels in der besagten ersten Konvertierungstabelle, das den kleinsten  
30 Farbdifferenzwert  $\Delta E$  mit dem geräteunabhängigen Koordinatentripel einer Zielfarbe aufweist; und

Bestimmung eines ersten geräteabhängigen Farbbildsignaltripels auf der Grundlage der besagten ersten Konvertierungstabelle, das dem besagten ersten  
35 geräteunabhängigen Koordinatentripel entspricht;

Definition einer Gruppe zweiter geräteabhängiger Farbbildsignaltripel, die das besagte erste geräteabhängige Farbbildsignaltripel umgeben;



Bestimmung zweiter geräteunabhängiger Koordinatentripel, die jedem Tripel der Gruppe zweiter geräteabhängiger Farbbildsignaltripel entsprechen, auf der Grundlage der besagten ersten Konvertierungstabelle  
5 oder durch Interpolieren zwischen geräteunabhängigen Koordinaten-/geräteabhängigen Farbbildsignaltripeln, die aus der besagten ersten Konvertierungstabelle bekannt sind;

Bestimmung des Farbdifferenzwertes  $\Delta E$  zwischen  
10 jedem Tripel der Gruppe zweiter geräteunabhängiger Koordinatentripel und dem geräteunabhängigen Koordinatentripel der besagten Zielfarbe;

Auswahl eines Tripels der Gruppe besagter zweiter geräteunabhängiger Koordinatentripel, das den  
15 kleinsten Wert von  $\Delta E$  aufweist; und

Erzeugung des besagten geräteabhängigen Farbbildsignalkoordinatentripels unter Verwendung des geräteabhängigen Farbbildsignaltripels, das dem geräteunabhängigen Koordinatentripel mit dem kleinsten  
20  $\Delta E$  entspricht.

Das vorliegende Verfahren stellt außerdem die Kombination eines Farbgerätes, insbesondere eines Farbdruckers oder Farbkopierers, mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung bereit, wobei das besagte  
25 Farbausgabegerät folgendes umfaßt:

(a) Eingabemittel zum Empfangen geräteunabhängiger Koordinatentripel als Zielfarben;

(b) ein Speichermittel zum Speichern der geräteunabhängigen Koordinatentripel und der  
30 entsprechenden geräteabhängigen Farbbildsignaltripel, die durch die besagte Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung als Eingangs- bzw. Ausgangstripel einer Konvertierungstabelle ausgegeben werden.

(c) ein Datenverarbeitungsmittel, um auf der  
35 Grundlage der besagten Konvertierungstabelle, die in dem besagten Speichermittel gespeichert ist, für ein durch die besagten Eingabemittel empfangenes geräteunabhängiges Koordinatentripel einer Zielfarbe

das entsprechende geräteabhängige Farbbildsignaltripel zu bestimmen; und

(d) Ausgabemittel zur Ausgabe einer Farbe, die durch ein geräteabhängiges Farbbildsignaltripel dargestellt wird, das durch das besagte Datenverarbeitungsmittel bestimmt wird, wobei die besagte ausgegebene Farbe eine Zielfarbe zumindest approximiert.

Die Universalität wird durch Verwendung empirischer Daten, durch Interpolation und durch ein Verarbeitungsverfahren erzielt, das keine Annahmen bezüglich der physikalischen Modelle oder Simulationen des Farb-Ansprechverhaltens des Farbausgabegeräts macht.

Bei elektronischen Bildverarbeitungssystemen werden digitale Farbtransformationen mittels Nachschlagetabellen verwendet, um verschiedene Formen der Farbdarstellung (Farbwerte aus Farbscannern, RGB-Daten für Farbmonitore, CIE-Koordinaten usw.) in digitale Signale zu transformieren, die Farb-Druckausgabegeräte steuern. Für die vorliegende Erfindung können Farb-Abtastwerte vorzugsweise mit einem Farbausgabegerät hergestellt werden, wobei Kombinationen aus Farbbildsignalen verwendet werden, und diese Abtastwerte werden vorzugsweise mit einem Kolorimeter oder einem Spektralfotometer gemessen, was geräteunabhängige Farbkoordinaten ergibt. Ein Speichermittel speichert die Werte jeder Kombination der Farbsignalwerte und jedes entsprechenden gemessenen geräteunabhängigen Farbtripels in Form einer ersten Konvertierungstabelle, die die Farbbildsignalwerte und die gemessenen geräteunabhängigen Farbkoordinaten miteinander in Beziehung bringt. Wenn eine spezifische Zielfarbe, die durch ihr geräteunabhängiges Koordinatentripel definiert wird, erzeugt (z.B. auf einen Farbfilm ausgedruckt bzw. belichtet) werden soll, dann kann ein Prozessormittel die gespeicherte Konvertierungstabelle absuchen, um die Farbbildsignalwerte zu finden, die benötigt werden, um

die spezifische Zielfarbe zu erzeugen. Die Konvertierungstabelle ist von Farbbildsignaltripeln zu geräteunabhängigen Koordinatentripeln (z.B. CIE L\*a\*b\*-Tripel) geordnet. Durch die vorliegende Erfindung wird es möglich, für ein gegebenes geräteunabhängiges Koordinatentripel einer Zielfarbe das geräteabhängige Farbbildsignaltripel zu bestimmen, das, wenn es zur Erzeugung einer Farbe mit einem Farbausgabegerät verwendet wird, die besagte Zielfarbe zumindest approximiert. Dies bedeutet, daß die Farbe, die auf der Grundlage der vorliegenden Erfindung mit dem Farbausgabegerät erzeugt wird, mit der besagten Zielfarbe identisch sein wird oder sie auf eine solche Weise approximiert, daß ein menschlicher Beobachter nicht zwischen der Zielfarbe und der durch das Farbausgabegerät erzeugten Farbe unterscheiden kann. Jedes gegebene geräteunabhängige Ziel-Koordinatentripel und das entsprechende geräteabhängige Farbbildsignaltripel, das gemäß der vorliegenden Erfindung bestimmt wird, kann vorzugsweise als Eingangs- bzw. Ausgangstripel in einer Tabelle gespeichert werden. Dies bedeutet, daß vorbestimmte L\*a\*b\*-Werte verwendet werden können, die zum Beispiel äquidistant sind oder in regelmäßigen Intervallen liegen oder Werte von natürlichen Zahlen annehmen. Eine solche Art einer invertierten Tabelle kann vorzugsweise in dem Speichermittel des Farbausgabegeräts gespeichert werden. Mit einer solchen invertierten Tabelle kann ohne weiteres jedes beliebige geräteunabhängige Ziel-Koordinatentripel durch Interpolation, z.B. durch trilineare Interpolation in die geräteabhängigen Farbbildsignalwerte transformiert werden, die von Steuer-Antriebsmitteln in dem Farbausgabegerät zur Steuerung der Erzeugung von Farben verwendet werden.

Das Verfahren und die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung werden vorzugsweise mit multidimensionalen Konvertierungstabellen verwendet, die Daten an Stellen enthalten, die nicht unbedingt äquidistant sind. Es werden dreidimensionale Strukturen

bearbeitet, und die kombinierten Ergebnisse der drei Datenquellen von  $L^*$ -,  $a^*$ - und  $b^*$ -Werten müssen ein Minimum bereitstellen. Die vorliegende Erfindung verwendet vorzugsweise kein schlichtes binäres  
5 Verarbeitungsverfahren, weil ein solches Verfahren in multidimensionalen Datensätzen schwer zu implementieren ist und in manchen Fällen nicht auf die optimale Lösung, d.h. Farbbildsignale, die die kleinstmögliche Farbdifferenz zwischen der Zielfarbe und der erzeugten  
10 Farbe erzeugt, konvergiert.

Das Verfahren der vorliegenden Erfindung besteht vorzugsweise aus zwei Phasen zur Bestimmung der Farbbildsignalwerte A, B und C, die einen gewünschten minimalen Differenzwert  $\Delta E$  erzeugen, der die Differenz  
15 zwischen einer gegebenen Zielfarbe und der nächsten durch ein Farbausgabegerät erzeugten Farbe anzeigt.

Während der ersten Phase verwendet das Verfahren nur die Daten, die in der ersten Konvertierungstabelle gespeichert sind, um ein  
20 gespeichertes ABC-Tripel (das Angelpunkt oder Angelposition genannt wird) mit einem ersten kleinsten  $\Delta E$ -Wert aufzufinden. In dieser ersten Phase wird zur Berechnung zusätzlicher Datenwerte vorzugsweise keine Interpolation benutzt. Das Verfahren kann bereits nach  
25 dieser ersten Phase zu Ende sein. Während der zweiten Phase tasten Prozessormittel einen kleinen Suchbereich um den Angelpunkt ab (d.h. um das oben erwähnte gespeicherte ABC-Tripel, das in der Phase 1 gefunden wurde) und die durch eine beliebige angemessene  
30 Interpolation (z.B. trilineare Interpolation) erhaltenen Ergebnisse werden zur Durchführung weiterer Schritte verwendet (die weiter unten erläutert werden), die zu dem geräteabhängigen Tripel mit dem gewünschten Minimalwert von  $\Delta E$  führen. Die trilineare Interpolation  
35 wird zum Beispiel in dem Artikel "Color Gamut Mapping and the Printing of Digital Color Images" (Abbildung des Farbumfangs und das Ausdrucken digitaler Farbbilder) von M.C. Stone et al., veröffentlicht in ACM Transactions on Graphics, Band 7, Nr. 4, Oktober

1988, Seiten 249-292, oder in dem Buch "Numerical recipes in C. The Art of Scientific Computing" (Numerische Rezepte in C. Die Kunst der wissenschaftlichen Rechentechnik), insbesondere  
5 Abschnitt 4.1, von Press, William H. et al., Cambridge University Press (Hrsg.), 1988, erläutert. Die Phase 2 kann vorzugsweise gemäß dreier ähnlicher Implementierungen durchgeführt werden, die auf demselben Prinzip basieren, d.h. vorzugsweise die  
10 Verkleinerung des Suchbereichs in der Konvertierungstabelle während der Ausführung von Phase 2 und vorzugsweise die Auswahl eines neuen Mittenwertes des Bereichs während der zweiten Phase, falls dieser neue Mittenwert eine kleinere Differenz mit der  
15 Zielfarbe ergibt als der vorherige Mittenwert. Da der Mittelpunkt nicht unbedingt mit dem geometrischen Mittelpunkt des Suchbereichs zusammenfallen muß, wird er anstelle von Mittelpunkt oder Mittenwert weiterhin Angelpunkt bzw. Angelpunkt genannt.

20 Die drei bevorzugten Implementierungen sind:

- a) ein binäres Verfahren, das Konvergenz auf die optimale Lösung garantiert, d.h. eine gewünschte minimale Differenz zwischen der Zielfarbe und der durch das Farbausgabegerät erzeugten Farbe bereitstellt;
- 25 b) ein modifiziertes binäres Verfahren, das den Suchbereich nur dann verkleinert, wenn es sich um den Angelpunkt handelt, der einen minimalen Differenzwert erzeugt, und das gleichfalls das Konvergieren auf die optimale Lösung garantiert;
- 30 c) ein inkrementelles Verfahren, das dem modifizierten binären Verfahren ähnelt, aber von einem symmetrischen Bereich ausgeht.

Durch die vorliegende Erfindung werden den für jedes der Farbbildsignale ausgewählten Werten nur  
35 minimale Beschränkungen auferlegt (z.B. müssen die Werte nicht äquidistant sein), wodurch eine Verkleinerung der Anzahl der Farb-Abtastwerte ermöglicht wird, die notwendig sind, um den Farbumfang eines Geräts zu kennzeichnen, während ein hoher

Genauigkeitsgrad aufrechterhalten wird. Die durch das Verfahren und die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung bereitgestellten Farbbildsignalwerte liefern Informationen bezüglich der Lage der Farbe, die dem Farbumfang des Farbausgabegeräts angehört und der Zielfarbe am nächsten liegt oder identisch mit ihr ist. Darüber hinaus werden durch das Verfahren und die Vorrichtung vorzugsweise Informationen bezüglich der Farben bereitgestellt, die das Gerät nicht wiedergeben kann, d.h. die außerhalb des Farbumfangs des Geräts liegen. Farbbildsignale, die Minimal- und Maximalwerte enthalten, zeigen an, daß die wiederzugebende Farbe an der Grenze des Farbumfangs des Farbausgabegeräts liegt. In diesem Fall zeigt das Vorliegen einer großen Farbdifferenz mit der Zielfarbe an, daß die Zielfarbe außerhalb des Umfangs liegt und nicht durch das Farbausgabegerät wiedergegeben werden kann. Diese Information kann ebenfalls zur Ermöglichung einer späteren Verwendung in einer Konvertierungstabelle gespeichert werden.

Die Aufgaben der vorliegenden Erfindung werden mittels eines Verfahrens und einer Vorrichtung gelöst, die in den Ansprüchen definiert sind.

Andere Aufgaben, Auswirkungen und Funktionen der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen deutlich.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

FIG. 1 ist eine Darstellung des Farbwiedergabebereichs eines Farbausgabegeräts in CIEL\*a\*b\*-Koordinaten;

FIG. 2 ist eine Darstellung eindimensionaler Nachschlagetabellen, die Werte für Farbbildsignale A, B und C enthalten, die durch k, l bzw. m indiziert werden;

FIG. 3 ist eine Darstellung einer dreidimensionalen Nachschlagetabelle, die L\*-Werte enthält, die durch k, l und m indiziert werden;

FIG. 4 ist eine Darstellung eines Angelpunkts, der von 26 Punkten umgeben wird, die auf einer dreidimensionalen (quaderartigen) Form liegen;

FIG. 5 ist eine Darstellung des Datenlayouts eines zweidimensionalen Beispiels, das dem dreidimensionalen Farbraum angehört;

FIG. 6 ist eine Darstellung der  $\Delta E$ -Ergebnisse in dem zweidimensionalen Beispiel von FIG. 5;

FIG. 7a-7d zeigen die  $\Delta E$ -Ergebnisse für jede Iteration des binären Verfahrens der vorliegenden Erfindung;

FIG. 8a-8f zeigen die  $\Delta E$ -Ergebnisse für jede Iteration des modifizierten binären Verfahrens der vorliegenden Erfindung;

FIG. 9a-9c zeigen die  $\Delta E$ -Ergebnisse für jede Iteration des inkrementellen Verfahrens der vorliegenden Erfindung;

FIG. 10 stellt ein System der vorliegenden Erfindung dar.

#### 20 Ausführliche Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung

FIG. 1 illustriert typischerweise den Farbenwiedergabebereich bzw. Farbumfang eines Farbausgabegeräts in geräteunabhängigen CIE  $L^*a^*b^*$ -Koordinaten. Jede Farbe in diesem Bereich wird durch eine spezifische Kombination (ein spezifisches Tripel) von Farbbildsignalwerten erzeugt, die durch A, B und C dargestellt werden.

Die Beziehung zwischen den  $L^*a^*b^*$ -Werten (dem  $L^*a^*b^*$ -Tripel)\* und den Farbbildsignaltripeln kann durch die folgende Gleichung dargestellt werden:

$$(L^*, a^*, b^*)_i = f_{out}(A, B, C)_i \quad (1)$$

$i = 1, \dots, n$ , wobei  $n$  eine natürliche Zahl ist, die ein spezifisches Tripel anzeigt.

In elektronischen Farbwiedergabesystemen erzeugen diese Farbbildsignalwerte A, B und C drei oder mehr Farb-Steuersignalwerte, z.B. RGB-Signale, die zur Übermittlung von Werten für jede der Primärfarben Rot (R), Grün (G) und Blau (B) bei der additiven

Farbverarbeitung dienen, oder CMYK-Signale (Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz), die bei subtraktiven Farbwiedergabesystemen verwendet werden.

Zur Kennzeichnung eines Farbausgabegeräts (30) kann, wie in FIG. 10 gezeigt, eine Mehrzahl von Kombinationen (Tripeln) der drei Farbbildsignalwerte A, B und C ausgewählt werden, um Prüfseiten zu erzeugen, die Farb-Abtastwerte enthalten, die vorzugsweise mit einem Kolorimeter (40) oder einem Spektralfotometer gemessen werden, das geräteunabhängige Koordinatentripel ausgibt. Das  $L^*a^*b^*$ -Tripel der Zielfarbe kann vorzugsweise ebenfalls durch Eingabe eines Originalbildes in ein Farb-Eingabegerät (z.B. in einen Scanner) erhalten werden, das die geräteunabhängigen Koordinaten der Farben dieses Bildes ausgibt, wenn das Farb-Eingabegerät zur Bereitstellung geräteunabhängiger Farbkoordinaten geeicht wurde. Jedes gemessene CIEL $L^*a^*b^*$ -Tripel besitzt ein entsprechendes ABC-Tripel, und diese Informationen werden in einem Speichermittel (20) in Form einer Konvertierungstabelle (A, B, C;  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) gespeichert, die die Beziehung von Gleichung (1) darstellt. Unter Verwendung des Verfahrens der vorliegenden Erfindung bestimmt ein Datenprozessormittel (10) auf der Grundlage dieser Konvertierungstabelle das ABC-Tripel, durch das eine Zielfarbe, die durch ihr  $L^*a^*b^*$ -Koordinatentripel spezifiziert wird, durch das Farbausgabegerät wiedergegeben werden kann. Dieses ABC-Tripel wird von Steuermitteln des besagten Farbausgabegeräts verwendet, um die Erzeugung einer Farbe durch das Farbausgabegerät zu steuern, die mit der Zielfarbe identisch ist oder dieser am nächsten kommt. Das Datenprozessormittel (10) kann vorzugsweise das Steuermittel des besagten Farbausgabegeräts enthalten. Das Datenprozessormittel (10) und/oder das Speichermittel (20) können vorzugsweise in dem Farbausgabegerät enthalten sein.

Die vorliegende Erfindung kann vorzugsweise in zwei Fällen angewandt werden. Der erste Fall tritt dann ein, wenn ein einzelnes oder sehr wenige Ziel- $L^*a^*b^*$ -





Tripel (die spezifischen Zielfarben entsprechen), die als solche nicht in der Konvertierungstabelle verfügbar sind, zusammen mit seinem bzw. ihren entsprechenden Farbbildsignalwerten gefunden werden müssen. Der zweite

5 Fall tritt dann ein, wenn oft für große Mengen von  $L^*a^*b^*$ -Tripeln, die als solche nicht in der Konvertierungstabelle verfügbar sind, die entsprechenden Farbbildsignalwerte gefunden werden müssen.

10 Jedes gegebene geräteunabhängige Ziel-Koordinatentripel und das entsprechende geräteabhängige Farbbildsignaltripel, das durch das Verfahren der vorliegenden Erfindung bestimmt wird, kann vorzugsweise als Eingangs- bzw. Ausgangstripel in Form einer

15 Konvertierungstabelle in Speichermitteln gespeichert werden. Eine solche invertierte Tabelle kann vorzugsweise in dem Speicher des Farbausgabegeräts gespeichert werden. Mit einer solchen Konvertierungstabelle kann das Prozessormittel des

20 Farbausgabegeräts leicht beliebige geräteunabhängige Ziel-Koordinatentripel (z.B. durch trilineare Interpolation) in die geräteabhängigen Farbbildsignalwerte transformieren, die von Steuer- oder Antriebsmitteln in dem Farbausgabegerät zur

25 Steuerung der Erzeugung von Farben verwendet werden. Mit dieser Tabelle wird eine Transformation von CIEL $^*a^*b^*$ -Werten in ABC-Farbbildsignaltripel hergestellt.

$$(A, B, C)_i = f_{\text{oinv}}(L^*, a^*, b^*)_i \quad (2)$$

30  $i$  mit derselben Bedeutung wie in Gleichung (1).

Die verschiedenen Stellen in der Konvertierungstabelle enthalten die Werte des Farbbildsignaltripels und werden durch die  $L^*a^*b^*$ -Koordinaten adressiert. Zur Erleichterung der

35 Verwendung und für schnellen Zugriff ist es vorzuziehen, für die  $L^*a^*b^*$ -Eintragspunkte der Tabelle, deren Anzahl definiert, wie groß die Tabelle ist und wie genau die Ergebnisse der interpolierten Werte sein werden, äquidistante Werte zu wählen. Die ursprüngliche

oder erste und die invertierte Konvertierungstabelle können auch mit anderen geräteunabhängigen Koordinaten aufgebaut werden, z.B. mit LCH-Koordinaten (Luminanz, Chroma, Farbton). Dafür reicht es aus, über eine Transformation von den LCH-Tripeln in das CIEL\*a\*b\*-Koordinatentripel zu verfügen, um die vorliegende Erfindung einzusetzen. Die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung kann vorteilhaft Mittel zur Durchführung dieser Transformation enthalten. Auf ähnliche Weise kann eine Konvertierungstabelle von geräteabhängigen Farbbildsignalen aus einem Farb-Eingabegerät (z.B. aus einem Scanner) in Farbbildsignale aufgebaut werden, die ein Farbausgabegerät steuern, solange die geräteabhängigen Eingangssignale zum Beispiel durch Eichung des Farb-Eingabegeräts in CIEL\*a\*b\*-Koordinaten transformiert werden können.

Auf ähnliche Weise kann, wenn gegebene geräteabhängige Farbbildsignalwerte eines Farb-Eingabegeräts in geräteunabhängige Koordinaten transformiert wurden, die vorliegende Erfindung zur Bestimmung der Farbbildsignalwerte verwendet werden, durch die das Farbausgabegerät eine Farbe erzeugen kann, die mit der Zielfarbe, die in das Farb-Eingabegerät eingegeben wurde und diesen gegebenen geräteabhängigen Werten entspricht, identisch ist oder dieser am nächsten kommt.

Die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung kann vorzugsweise Informationen bezüglich des Farbumfangs des Farbausgabegeräts, d.h. bezüglich L\*a\*b\*-Tripel, die nicht wiedergegeben werden können, bereitstellen. Für solche außerhalb des Farbumfangs liegende Farben liefert das Verfahren die Farbbildsignaltripel ABC, die einer Farbe entsprechen, die sich an der Grenze des Farbumfangs befindet und der außerhalb des Farbumfangs liegenden Farbe am nächsten liegt, und der Farbdifferenzwert  $\Delta E$  stellt Informationen bezüglich des Abstands zwischen der Zielfarbe und der wiedergegebenen Farbe bereit.

Die erste Konvertierungstabelle, die in dem Speichermittel gespeichert ist, enthält das gemessene  $L^*a^*b^*$ -Tripel der Farb-Abtastwerte und die entsprechenden Farbbildsignaltripel ABC, mit denen diese  $L^*a^*b^*$ -Tripel wiedergegeben werden können, wenn die Farbbildsignale an das Verarbeitungsmittel eines Farbausgabegeräts angelegt werden. Zur Bereitstellung eines wirksamen Verfahrens des Zugriffs auf die gespeicherten Daten wird eine dreidimensionale Struktur bevorzugt. Die Achsen dieser Struktur werden jeweils durch die Werte definiert, die für die Farbbildsignale A, B und C ausgewählt werden.

Zur Speicherung der entsprechenden Werte A, B und C werden vorzugsweise eindimensionale Nachschlagetabellen verwendet, wodurch sich die Flexibilität bei der Auswahl von Farbbildsignalwerten für die Erzeugung von Farb-Abtastwerten erhöht. Der Werte für A, B und C werden in entsprechenden Nachschlagetabellen gespeichert und wie in FIG. 2 gezeigt durch k, l bzw. m indiziert. Jeder ausgewählte Wert von A, B und C ist somit eindeutig durch seine Indexwerte k, l bzw. m definiert. Die Verwendung eindimensionaler Nachschlagetabellen für die Werte A, B bzw. C bietet eine hohe Flexibilität, wobei A, B und C voneinander unabhängig sind. Zum Beispiel kann der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden A-Werten von dem Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden B-Werten (oder C-Werten) verschieden sein. Außerdem ist es möglich, daß verschiedene Anzahlen von Werten für A, B und C vorkommen. Dies würde bedeuten, daß die dreidimensionale ABC-Struktur nicht unbedingt ein Würfel ist, sondern ein Quader sein könnte. Jeder durch ein ABC-Tripel erzeugte Farb-Abtastwert kann vorzugsweise auch durch die entsprechenden Werte der Indizes k, l und m gekennzeichnet werden. Dies ermöglicht die Speicherung der entsprechenden Meßwerte des  $L^*a^*b^*$ -Tripels jedes Farb-Abtastwertes in dreidimensionalen Strukturen, die durch dieselben Indizes k, l und m (wie in FIG. 3 gezeigt) adressiert

werden, da die Werte eines L\*a\*b\*-Tripels einem ABC-Tripel entsprechen. Zur Auffindung der Werte der Farbbildsignale A, B und C in den in FIG. 2 gezeigten eindimensionalen Nachschlagetabellen und der  
 5 entsprechenden gemessenen L\*a\*b\*-Tripel in der in FIG. 3 gezeigten dreidimensionalen Struktur kann jede beliebige Kombination von Werten von k, l und m verwendet werden.

Das Ziel der bevorzugten Ausführungsform  
 10 besteht darin, das L\*a\*b\*-Tripel und damit das entsprechende geräteabhängige ABC-Tripel zu finden, das den kleinsten  $\Delta E$ -Farbdifferenzwert zwischen den CIEL\*a\*b\*-Koordinaten der Zielfarbe und den CIEL\*a\*b\*-Koordinaten der am nächsten liegenden Farbe ergibt, die  
 15 das Gerät erzeugen kann.

$\Delta E$  ist durch die folgende Gleichung definiert:

$$\Delta E = \sqrt{r\Delta L^2 + s\Delta a^2 + t\Delta b^2} \quad (3)$$

wobei

$$\begin{aligned} \Delta L^* &= L^* \text{-Ziel} - L^* \text{-Suche} \\ \Delta a^* &= a^* \text{-Ziel} - a^* \text{-Suche} \\ \Delta b^* &= b^* \text{-Ziel} - b^* \text{-Suche} \end{aligned}$$

$\Delta L$ ,  $\Delta a$  und  $\Delta b$  stellen die Differenz zwischen den CIEL\*a\*b\*-Koordinaten der Zielfarbe und den durch das Verfahren erzeugten L\*a\*b\*-Werten dar. Die Parameter  
 25 r, s und t sind Gewichtungswerte und können den Wert Eins oder einen beliebigen anderen Wert aufweisen. Wenn die Parameter r, s und t alle den Wert 1 aufweisen, dann stellt die Gleichung (3) die offizielle CIE-Definition von  $\Delta E$  dar.

Das Verfahren der vorliegenden Erfindung folgt  
 30 vorzugsweise einem zweiphasigen Ansatz zur Bestimmung der Werte A, B und C, die das gewünschte Minimum von  $\Delta E$  erzeugen. Während der ersten Phase verwendet das Verfahren nur Daten, die in der Konvertierungstabelle  
 35 gespeichert sind, um ein gespeichertes ABC-Tripel (Angelpunkt oder Angelposition) aufzufinden, das einen ersten kleinsten  $\Delta E$ -Wert erzeugt. In dieser ersten Phase wird zur Berechnung zusätzlicher Datenwerte keine Interpolation benutzt. Während der zweiten Phase wird

ein kleiner Bereich um den Angelpunkt, d.h. das obengenannte gespeicherte ABC-Tripel, das in der Phase 1 gefunden wurde, abgetastet, und das durch trilineare Interpolation oder eine beliebige andere geeignete  
5 Interpolation erzielte Ergebnis in nachfolgenden (ausführlich weiter unten erläuterten) Schritten verwendet, die zu dem gewünschten Minimalwert von  $\Delta E$  führen.

Das Ziel der Phase 1 besteht darin, in der  
10 Konvertierungstabelle das gespeicherte geräteunabhängige Koordinatentripel des Farb-Abtastwertes aufzufinden, das den kleinsten  $\Delta E$ -Farbdifferenzwert mit den CIEL\*a\*b\*-Farbkoordinaten der Zielfarbe aufweist. Dies wird vorzugsweise durch  
15 sequentielle Auswahl aller Kombinationen der Indizes k, l und m erzielt, und durch Verwendung des entsprechenden L\*a\*b\*-Tripels aus der dreidimensionalen Struktur zur Berechnung der Farbdifferenz  $\Delta E$  mit dem L\*a\*b\*-Tripel der Zielfarbe für jede Kombination. Zu  
20 Beginn der Phase 1 wird für die erste Kombination k, l und m der  $\Delta E$ -Wert berechnet und in Speichermitteln gespeichert. Jedes nachfolgende neue  $\Delta E$  anderer Kombinationen k, l und m wird mit dem vorherigen gespeicherten  $\Delta E$ -Wert verglichen. Wenn der neue  $\Delta E$ -Wert  
25 kleiner als der gespeicherte  $\Delta E$ -Wert ist, dann wird der gespeicherte Wert des minimalen  $\Delta E$  zusammen mit den neuen entsprechenden Werten der Indizes k, l und m auf diesen neuen  $\Delta E$ -Wert aktualisiert. Am Ende dieser Sequenz werden die zuletzt gespeicherten Indexwerte  $k_s$ ,  
30  $l_s$ ,  $m_s$  auf die Werte des Farbbildsignalkoordinatentripels  $A_c$ ,  $B_c$  und  $C_c$  zeigen, das dem Farb-Abtastwert entspricht, der die kleinste Farbdifferenz  $\Delta E$  mit der Zielfarbe, d.h. zwischen ihren entsprechenden CIEL\*a\*b\*-Tripeln, aufweist.  $A_c$ ,  $B_c$  und  
35  $C_c$  werden als Angelpunkt in Phase 2 verwendet, falls die Phase 2 ausgeführt wird.

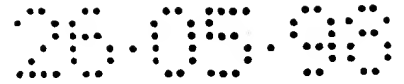
Die Phase 2 wird mit der Definition einer Menge neuer ABC-Tripel in einem spezifischen Bereich begonnen, der das in Phase 1 gefundene Angel-Tripel

umgibt. Die Lagen dieser neuen ABC-Tripel hängen von dem Suchbereich ab, der im ABC-Raum gewählt wird, was nachfolgend erläutert wird. Für diese neuen ABC-Tripel werden die entsprechenden Tripel der Werte  $L^*$ ,  $a^*$  und  $b^*$  durch Interpolation, zum Beispiel durch trilineare Interpolation, berechnet, und für jedes ABC-Tripel und das entsprechende berechnete  $L^*a^*b^*$ -Tripel wird das  $\Delta E$  mit der Zielfarbe bestimmt. Das ABC-Tripel dieser Menge, das das geräteunabhängige  $L^*a^*b^*$ -Tripel mit dem kleinsten  $\Delta E$  erzeugt, wird dann vorzugsweise als ein neues Angel-Tripel verwendet, um um dieses neue Angel-Tripel herum wieder eine neue Menge von A, B, C - Tripeln zu definieren. Wenn zwei oder mehr  $L^*a^*b^*$ -Tripel dasselbe kleinste  $\Delta E$  erzeugen, dann kann jedes dieser Tripel als Angelpunkt verwendet werden und wird dann als solcher aufrechterhalten, oder es wird das erste Tripel dieser Tripel, das das kleinste  $\Delta E$  erzeugt, als der neue Angelpunkt genommen. Das oben beschriebene Verfahren der Phase 2 kann dann vorzugsweise wiederholt werden, bis das ABC-Tripel und das entsprechende  $L^*a^*b^*$ -Tripel mit dem gewünschten minimalen  $\Delta E$  gefunden werden. Die Phase 2 kann vorzugsweise auf drei verschiedene Weisen implementiert werden. In der folgenden Beschreibung wird das in einer dreidimensionalen Struktur (im ABC-Raum) angewandte Verfahren zur einfacheren Darstellung mittels zweidimensionaler Beispiele erläutert (FIG. 5-9).

#### a. Binäres Verfahren

Die sich aus der Phase 1 ergebenden Werte  $k_s$ ,  $l_s$ ,  $m_s$  beziehen sich auf Farbbildsignalwerte, die in den in FIG. 2 gezeigten eindimensionalen Nachschlagetabellen gefunden werden können. Diese Farbbildsignalwerte, die  $k_s$ ,  $l_s$  und  $m_s$  entsprechen, werden  $A_c$ ,  $B_c$  bzw.  $C_c$ , d.h. das Angel-Tripel  $A_c$ ,  $B_c$ ,  $C_c$  genannt.

Nun werden sechs Bereichs- oder Inkrementwerte definiert, die sich auf Aufwärts- bzw. Abwärtsrichtungen, d.h. die entsprechende A-, B- und C-Achse in der dreidimensionalen ABC-Struktur (Bereich-



Ac-aufwärts, Bereich-Ac-abwärts, Bereich-Bc-aufwärts, Bereich-Bc-abwärts, Bereich-Cc-aufwärts und Bereich-Cc-abwärts) beziehen, wodurch auf der A-, B- und der C-Achse jeweils zwei zusätzliche Punkte definiert werden.

5 Mit diesen sechs Bereichen können 26 neue Punkte, d.h. 26 neue ABC-Tripel um das Angel-Tripel Ac, Bc, Cc auf der quaderartigen Form bestimmt werden (siehe FIG. 4).

Die Werte für diese Bereiche können fest oder eine Funktion der Werte Ac, Bc und Cc sein. Es gibt  
10 viele Möglichkeiten der Implementierung einer solchen Funktion. Die unten beschriebenen Beispiele veranschaulichen, wie die Bereiche aus den Werten Ac, Bc und Cc abgeleitet werden können. Bei gegebenen Werten Ac, Bc und Cc werden die Differenzen mit den  
15 entsprechenden, in den eindimensionalen Nachschlagetabellen von FIG. 2 gerade oberhalb und unterhalb befindlichen Werten berechnet, und diese Differenzen, oder ein etwas kleinerer Wert (z.B. 80%), oder der nächste binäre Wert (z.B. 2, 4, 8, 16, 32,  
20 ...) werden als die Anfangswerte der Bereiche verwendet. Eine sehr flexible Art der Definition dieser Bereiche besteht zum Beispiel in der Verwendung von eindimensionalen Nachschlagetabellen, die den in FIG. 2 gezeigten ähneln und durch k, l, und m indiziert werden, um die bevorzugten ausgewählten Bereichswerte  
25 zu speichern.

Mit dem in diesem Beispiel gewählten CIEL\*a\*b\*-Zieltripel ( $L^* = 36,1$ ;  $a^* = 31,2$ ;  $b^* = -12,7$ ) ergab Phase 1 den Angelpunkt  $Ac = 8$  und  $Bc = 4$ . Das in FIG. 5  
30 gezeigte zweidimensionale Diagramm zeigt einen Teil der A-Achse und der B-Achse und die gewählten Werte von A (0, 8, 20) und B (0, 4, 18), die zur Erzeugung von Farb-Abtastwerten verwendet wurden. Außerdem werden die gemessenen  $L^*a^*b^*$ -Tripel der neun (in der  
35 dreidimensionalen ABC-Struktur 27) Farb-Abtastwerte angezeigt. FIG. 6 zeigt die  $\Delta E$ -Werte dieser neun Farb-Abtastwerte. Für den Wert  $Ac = 8$  sind die Werte 0 und 20 diejenigen, die jeweils gerade oberhalb und unterhalb des Ac liegen. In dem nachfolgenden Beispiel

wird für die erste Iteration die Differenz zwischen Ac und den entsprechenden Werten, die gerade oberhalb und unterhalb liegen, halbiert, um die jeweiligen Aufwärts- und Abwärtsinkremente in der Aufwärts- bzw. Abwärts-A-  
 5 Richtung zu definieren (z.B. Bereich-Ac-aufwärts und Bereich-Ac-abwärts). Dasselbe gilt für B (0, 4, 18). Wie bereits erwähnt, zeigen FIG. 5 und 6 nur den zweidimensionalen Teil des Beispiels. Es ist offensichtlich, daß für die C-Richtung ein ähnlicher  
 10 Vorgang verwendet wird, da in Wirklichkeit die Tripel-Werte A, B und C des ABC-Raums verwendet werden.

Die 26 neuen Punkte, die sich auf den Seiten des Quaders befinden, besitzen Koordinaten, die normalerweise nicht mit den entsprechenden Werten in  
 15 den A-, B- und C-Nachschlagetabellen zusammenfallen (zum Beispiel können sie sich mit Ausnahme der neun Stellen mit bekannten CIEL\*a\*b\*-Werten an jeder beliebigen Stelle in FIG. 5 befinden). Für jedes dieser 26 ABC-Tripel können durch trilineare Interpolation  
 20 oder ein beliebiges anderes geeignetes Interpolationsverfahren die entsprechenden L\*a\*b\*-Tripel berechnet werden.

Bei der trilinearen Interpolation werden die folgenden Gleichungen verwendet.

25 Die Tripel ABC sind die Koordinaten der acht benachbarten Punkte.

A	B	C	Koeffizienten			
Niedrig	Niedrig	Niedrig	(1-u)	x	(1-v)	x (1-w)
Hoch	Niedrig	Niedrig	u	x	(1-v)	x (1-w)
Niedrig	Hoch	Niedrig	(1-u)	x	v	x (1-w)
Hoch	Hoch	Niedrig	u	x	v	x (1-w)
Niedrig	Niedrig	Hoch	(1-u)	x	(1-v)	x w
Hoch	Niedrig	Hoch	u	x	(1-v)	x w
Niedrig	Hoch	Hoch	(1-u)	x	v	x w
Hoch	Hoch	Hoch	u	x	v	x w

Da der ABC-Raum ein dreidimensionaler Raum ist, werden acht ( $2^3$ ) Koeffizienten benötigt. Jeder dieser acht Koeffizienten wird mit dem L\*a\*b\*-Tripel eines der  
 30 entsprechenden acht ABC-Tripel multipliziert, die dem



ABC-Tripel benachbart sind, dessen  $L^*a^*b^*$ -Tripelwerte berechnet werden müssen. Die u-, v- und w-Werte stellen das Verhältnis der Lage der entsprechenden A-, B- und C-Werte dieses ABC-Tripels bezüglich der entsprechenden A-, B- und C-Werte der gewählten benachbarten Punkte auf der A-, B- bzw. C-Achse dar. Das Verhältnis wird für jede Achse berechnet, indem der projizierte Abstand zwischen dem ABC-Tripel und seinem unteren Nachbar für jede entsprechende Achse durch den projizierten Abstand zwischen dem höheren und dem niederen Nachbar dividiert wird.

Das nachfolgende Beispiel illustriert die Interpolation zur einfacheren Darstellung in einer zweidimensionalen Struktur. Dies bedeutet, daß statt acht vier ( $2^2$ ) Koeffizienten zu berechnen sind. Das Interpolationsbeispiel zielt darauf ab, das  $L^*a^*b^*$ -Tripel mit dem entsprechenden  $\Delta E$  für das in FIG. 7b abgebildete  $(A, B) = (7, 10)$  zu finden. Die benachbarten Punkte auf der A-Achse sind 0 und 8, während die benachbarten Punkte auf der B-Achse 4 und 18 sind, so daß die Paare  $(0, 4)$ ,  $(8, 4)$ ,  $(0, 18)$  und  $(8, 18)$  gebildet werden, für die jeweils wie in der nachfolgenden Tabelle gezeigt die entsprechenden Koeffizienten berechnet werden. Der u-Wert beträgt  $(7-0)/(8-0) = 0,875$ , und der v-Wert beträgt  $(10-4)/(18-4) = 0,429$ . Die Tabelle zeigt außerdem für jeden der vier Punkte die  $L^*$ -,  $a^*$ - und  $b^*$ -Werte. Diese  $L^*a^*b^*$ -Tripel sind alle aus der oben erwähnten ersten Konvertierungstabelle bekannt. Die  $L^*$ -,  $a^*$ - und  $b^*$ -Werte dieser vier  $L^*a^*b^*$ -Tripel werden wie in der folgenden Tabelle gezeigt mit den entsprechenden Koeffizienten multipliziert. Die Ergebnisse der Berechnung wurden auf drei Stellen hinter dem Komma abgerundet.

26.05.98

Position	Koeffizient	$L^*$	$L^* \times$ Koeff.	$a^*$	$a^* \times$ Koeff.	$b^*$	$b^* \times$ Koeff.
0 4	$(1-u) \times (1-v)$ 0,071	40	2,857	32	2,286	-3	-0,214
8 4	$u \times (1-v)$ 0,500	40	20,000	35	17,500	-10	-5,000
0 18	$(1-u) \times v$ 0,054	30	1,607	10	0,536	-20	-1,071
8 18	$u \times v$ 0,375	25	9,375	28	10,500	-25	-9,375

Summe 33,839 30,821 -15,661

Ziel- $L^*a^*b^*$  36,1 31,2 -12,7

$\Delta$  2,261 0,379 2,961

$\Delta^2$  5,111 0,143 8,766

$\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} = \Delta E^2$  14,02

$\Delta E$  3,744

Die entsprechenden Summen stellen jeweils das  $L^* = 33,839$ ;  $a^* = 30,821$  und  $b^* = -15,661$  des Paares  $(A, B) = (7, 10)$  dar.

5 Der Wert  $\Delta$  stellt die Differenz zwischen jeder der Summen und den entsprechenden  $L^*$ -,  $a^*$ - und  $b^*$ -Zielwerten dar.

Die durch Interpolation erhaltenen  $L^*$ -,  $a^*$ - und  $b^*$ -Werte werden dann zur Berechnung der Farbdifferenz  $\Delta E$  mit dem  $L^*a^*b^*$ -Tripel der Zielfarbe verwendet. Die  $\Delta E$ -Ergebnisse der 27 Tripel, d.h. der 26 neuen Tripel und des Angel-Tripels, werden miteinander verglichen, und das Tripel, das das kleinste  $\Delta E$  ergibt, wird als das neue Angel-Tripel gewählt.

15 Die Koordinaten dieser neuen Position (Angelpunkt) werden nun  $A_c$ ,  $B_c$  und  $C_c$  genannt und der oben beschriebene Vorgang wird mit kleineren Bereichen (d.h. kleineren Inkrementen) neu gestartet; zum Beispiel ist  $\text{Inkrement}_{i+1} = r \times \text{Inkrement}_i$ , wobei  $r < 1$

20 (gegebenenfalls kann für jeden Bereich und für jede Iteration ein anderer  $r$ -Wert verwendet werden) und  $i$  eine natürliche Zahl ist, die anzeigt, zu welcher Iteration der Bereich gehört.

Dieser Vorgang kann solange wiederholt werden, bis ein  $\Delta E$ -Wert gefunden wird, der kleiner als ein vordefiniertes Minimum ist, oder bis die Bereiche Null werden. Dieser Zustand stellt in dreidimensionalen Strukturen ein Problem dar, weil die verschiedenen Bereiche auf unterschiedliche Weise abnehmen und wahrscheinlich ein Bereich vor den anderen Null wird oder sein vordefiniertes Minimum erreicht (siehe das nachfolgende Beispiel). In diesem Fall darf der Vorgang nicht angehalten werden, da das minimale  $\Delta E$  eventuell noch nicht gefunden wurde.

In dem nachfolgend gegebenen bevorzugten Beispiel verkleinern sich die Bereiche nicht bis auf Null, sondern werden auf einem Minimalwert von Eins gehalten. Die Verarbeitung wird vorzugsweise angehalten, wenn ein  $\Delta E$ -Wert gefunden wird, der kleiner als das vorbestimmte Minimum ist, oder wenn alle drei Bereiche (in der A-, B- bzw. C-Richtung) bis auf Eins abgenommen haben und durch den Angelpunkt das kleinste  $\Delta E$  bereitgestellt wird.

FIG. 7 zeigt die Abfolge von Ereignissen bei Verwendung des oben beschriebenen binären Verfahrens mit den Daten in dem zweidimensionalen Beispiel. FIG. 7a zeigt die Ergebnisse der ersten Iteration beginnend mit der Angel-Position  $A_c = 8$ ,  $B_c = 4$  und die acht Punkte, die mit den folgenden Bereichen erhalten werden:

Bereich-Ac-abwärts = 4, Bereich-Ac-aufwärts = 6  
 Bereich-Bc-abwärts = 2, Bereich-Bc-aufwärts = 7  
 Bereich-Ac-abwärts wird durch  $(8-0)/2$  gefunden, Bereich-Ac-aufwärts ist  $(20-8)/2$ , Bereich-Bc-abwärts =  $(4-0)/2$ , Bereich-Bc-aufwärts =  $(18-4)/2$ .

Für die zweite Iteration wird der Punkt (die Position) mit  $\Delta E = 5,7$  ( $A = 4$ ,  $B = 11$ ) als der neue Angelpunkt gewählt, da dies das kleinste  $\Delta E$  ist, das sich durch diese Menge von 9 Punkten ergibt (bzw. 27 Punkte in der dreidimensionalen ABC-Struktur). Die Bereiche werden auf 2, 3, 1 bzw. 3 verkleinert, indem die vorherigen Bereiche durch zwei geteilt und auf die

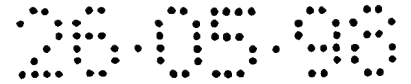
niedrigere ganze Zahl abgerundet werden. Das Ergebnis ist in FIG. 7b gezeigt.

Für die dritte Iteration wird der Punkt (die Position) mit  $\Delta E = 3,7$  ( $A = 7$ ,  $B = 10$ ) als der neue Angelpunkt gewählt, und die Bereiche werden auf 1, 1, 1 bzw. 1 verkleinert. Wie bereits erläutert wird der Bereich-Bc-abwärts, der einen Wert von 1 hatte, nicht auf Null verkleinert, sondern auf Eins gehalten. Dadurch wird es möglich, das Verfahren auch in der B-abwärts Richtung fortzuführen. Das Ergebnis ist in FIG. 7c gezeigt.

Für die vierte Iteration wird der Punkt (die Position) mit  $\Delta E = 1,7$  ( $A = 6$ ,  $B = 9$ ) als der neue Angelpunkt gewählt, und die Bereiche werden auf 1, 1, 1 bzw. 1 gehalten. Das Ergebnis ist in FIG. 7d gezeigt. Mit dieser Iteration wird das minimale  $\Delta E$  an der Position mit  $A_c = 6$  und  $B_c = 8$  gefunden. Dieses  $\Delta E$  ist kleiner als das vordefinierte minimale  $\Delta E$ , und das Verfahren wird daher beendet. Bei der Erweiterung dieses Verfahrens auf die dreidimensionale ABC-Struktur würde natürlich auch ein  $C_c$ -Wert bereitgestellt, der zusammen mit dem  $A_c$ - und dem  $B_c$ -Wert das Tripel darstellt, das dieses minimale  $\Delta E$  ergibt.

#### b. Modifiziertes binäres Verfahren

Wenn bei dem oben beschriebenen binären Verfahren einer der Bereiche wesentlich kleiner als die anderen Bereiche ist, dann nimmt er sehr früh im Laufe des Verfahrens bis auf den vorbestimmten Minimalwert ab, wodurch sich die Wirksamkeit dieses Verfahrens verringert. Das modifizierte binäre Verfahren vermeidet diesen Effekt. Die Iterationen sind dieselben wie bei dem binären Verfahren, mit der Ausnahme, daß die Bereiche nur dann verkleinert werden, wenn der kleinste  $\Delta E$ -Wert für den Punkt im Inneren des Quaders, d.h. für den Angelpunkt gefunden wird. Dies bedeutet, daß der Angelpunkt derselbe wie bei der vorherigen Iteration ist. In allen anderen Fällen (die 26 Punkte auf den Seiten des Quaders) werden die Bereiche nicht verkleinert. Die Kriterien für das Anhalten des



Verfahrens sind dieselben wie bei dem binären Verfahren.

FIG. 8 zeigt die Sequenzen, die auftreten, wenn dieses Verfahren mit den Daten des zweidimensionalen Beispiels verwendet wird. FIG. 8a ist mit FIG. 7a identisch, da die Werte der ersten Iteration bei beiden Verfahren dieselben sind. Für die zweite Iteration wird die Position mit  $\Delta E = 5,7$  ( $A = 4$ ,  $B = 11$ ) als neuer Angelpunkt gewählt. Die Bereiche werden nicht verkleinert, da dieser neue Angelpunkt von dem während der ersten Iteration verwendeten verschieden ist. Dies führt zu dem in FIG. 8b gezeigten Ergebnis. Für die dritte Iteration wird die Position mit  $\Delta E = 2,9$  ( $A = 4$ ,  $B = 9$ ) gewählt und die Bereiche werden nicht verkleinert. Dies führt zu dem in FIG. 8c gezeigten Ergebnis. Für die vierte Iteration ist die Position mit  $\Delta E = 2,9$  ( $A = 4$ ,  $B = 9$ ) derselbe Angelpunkt wie bei der dritten Iteration, und die Bereiche werden deshalb auf 2, 3, 1 und 3 verkleinert. Dies führt zu dem in FIG. 8d gezeigten Ergebnis. Für die fünfte Iteration wird die Position mit  $\Delta E = 1,2$  ( $A = 7$ ,  $B = 8$ ) gewählt und die Bereiche werden nicht verkleinert. Dies führt zu dem in FIG. 8e gezeigten Ergebnis. Für die sechste Iteration ist die Position mit  $\Delta E = 1,2$  ( $A = 7$ ,  $B = 8$ ) derselbe Angelpunkt wie bei der fünften Iteration, und die Bereiche werden deshalb in diesem Fall auf 1, 1, 1 bzw. 1 verkleinert. Dies führt zu dem in FIG. 8f gezeigten Ergebnis. Mit dieser Iteration wird das minimale  $\Delta E$  an der Position mit  $A_c = 6$  und  $B_c = 8$  gefunden. Dieses  $\Delta E$  ist kleiner als das vordefinierte minimale  $\Delta E$  und das Verfahren wird deshalb angehalten.

#### c. Inkrementelles Verfahren

Das modifizierte binäre Verfahren vermeidet die schnelle Verkleinerung des kleinsten Bereichs auf einen vordefinierten Minimalwert von Eins, andererseits werden aber durch die großen Bereiche, die zu Beginn des Verfahren aufrechterhalten werden, zusätzliche Iterationen eingeführt. Das inkrementelle Verfahren vermeidet ebenfalls die schnelle Verkleinerung des

kleinsten Bereichs auf einen Wert von Eins, führt dabei jedoch keine zusätzlichen Iterationen ein. Das Verfahren beginnt mit ausreichend kleinen und identischen Bereichen, so daß sie gleichzeitig auf Null abnehmen. Die Implementierung der Prüfung der Kriterien für das Anhalten des Verfahrens wird ebenfalls einfacher, da die Werte der Bereiche nicht einzeln geprüft werden müssen.

FIG. 9 zeigt die Sequenzen, die auftreten, wenn dieses Verfahren mit den Daten des zweidimensionalen Beispiels verwendet wird. FIG. 9a zeigt die Ergebnisse der ersten Iteration beginnend mit der Position  $A_c = 8$ ,  $B_c = 4$  und die acht Punkte, die erhalten werden, wenn alle Bereiche gleich 4 sind. Für die zweite Iteration wird die Position mit  $\Delta E = 2,5$  ( $A = 8$ ,  $B = 8$ ) als der neue Angelpunkt gewählt, und die Bereiche werden nicht verkleinert. Dies führt zu dem in FIG. 9b gezeigten Ergebnis. Für die dritte Iteration ist die Position mit  $\Delta E = 2,5$  ( $A = 8$ ,  $B = 8$ ) derselbe Angelpunkt wie bei der zweiten Iteration, und die Bereiche werden deshalb von 4 auf 2 verkleinert. Dies führt zu dem in FIG. 9c gezeigten Ergebnis. Mit dieser Iteration wird das minimale  $\Delta E$  an der Position mit  $A_c = 6$  und  $B_c = 8$  gefunden. Dieses  $\Delta E$  ist kleiner als das vordefinierte minimale  $\Delta E$ , und das Verfahren wird daher angehalten.

Das Endergebnis jeder der drei Implementierungen des Verfahrens ist ein Tripel von ABC-Werten, das entsprechende Tripel von  $L^*a^*b^*$ -Werten und das resultierende  $\Delta E$ . Wenn das  $\Delta E$  größer als das vorbestimmte Minimum ist, dann liegt die Zielfarbe nicht innerhalb des Farbumfangs des Farbausgabegeräts und kann mit diesem Gerät nicht genau wiedergegeben werden. In diesem Fall enthält das Tripel von ABC-Werten einen oder mehrere Minimal- oder Maximalwerte, die eine Position auf der Grenze des Farbumfangs definieren, die der Zielfarbe am nächsten liegt, und der  $\Delta E$ -Wert zeigt an, wie weit die Zielfarbe von diesem Grenzwert entfernt liegt.

Die obigen bevorzugten Ausführungsformen wurden unter Verwendung des CIEL\*a\*b\*-Farbraums beschrieben. Man kann jedoch auch von dem LCH-Raum, dem Luv-Raum oder einem beliebigen anderen geräteunabhängigen Farbraum ausgehen. Für jedes LCH-Tripel kann das entsprechende CIEL\*a\*b\*-Tripel mit den folgenden Gleichungen berechnet werden:

$$L = L \quad (4)$$

$$a = C \times \cos(H) \quad (5)$$

$$10 \quad b = C \times \sin(H) \quad (6)$$

Die resultierenden L\*a\*b\*-Werte werden dann in dem oben beschriebenen Verfahren als Koordinaten der Zielfarbe verwendet. Die Werte der Farbbildsignale A, B und C, die durch dieses Verfahren gewonnen werden, können in einer invertierten Konvertierungstabelle gespeichert werden, die durch die Tripel L, C, H indiziert wird. Außerdem können die Informationen "Farbumfang unzureichend" ( $\Delta E$ -Wert und eine Anzeige "Farbumfang unzureichend") in einer ähnlichen Konvertierungstabelle gespeichert werden, die ebenfalls durch die Tripel L, C, H indiziert wird. Somit kann man eine Konvertierungstabelle für die Prädiktionsfarbwiedergabe von Farben einrichten, die durch LCH-Koordinaten (Luminanz, Chroma, Farbton) definiert werden. Dies wird durch das folgende Beispiel illustriert. Der Aufbau der Konvertierungstabelle wird zum Beispiel durch 11 Werte für L (von 0 bis 100 in Inkrementen von 10), 11 Werte für C (von 0 bis 100 in Inkrementen von 10) und 24 Werte für H (von 0 bis 360 in Inkrementen von 15) definiert. Dies ergibt  $11 \times 11 \times 24 = 2904$  Kombinationen von LCH-Koordinatentripeln. Für jede LCH-Kombination wird die vorliegende Erfindung angewandt, um die ABC-Tripel zu finden, die dann in der Konvertierungstabelle gespeichert werden, die durch die LCH-Tripel indiziert wird.

**Ansprüche**

1. Verfahren zur Erzeugung geräteabhängiger Farbbildsignale, die Zielfarben zumindest approximieren, wobei eine erste Konvertierungstabelle verwendet wird, die geräteabhängige Farbbildsignaltripel eines Farbausgabegeräts und ihre entsprechenden geräteunabhängigen Koordinatentripel enthält, wobei das besagte Verfahren folgendes umfaßt:

(1) Bestimmung eines ersten geräteunabhängigen Koordinatentripels in der besagten ersten Konvertierungstabelle, das den kleinsten Farbdifferenzwert  $\Delta E$  mit dem geräteunabhängigen Koordinatentripel einer Zielfarbe aufweist;

(2) Bestimmung eines ersten geräteabhängigen Farbbildsignaltripels auf der Grundlage der besagten ersten Konvertierungstabelle, das dem besagten ersten geräteunabhängigen Koordinatentripel entspricht;

(3) Definieren einer Gruppe zweiter geräteabhängiger Farbbildsignaltripel, die das besagte erste geräteabhängige Farbbildsignaltripel umgeben;

(4) Bestimmung zweiter geräteunabhängiger Koordinatentripel, die jedem Tripel der Gruppe zweiter geräteabhängiger Farbbildsignaltripel entsprechen, auf der Grundlage der besagten ersten Konvertierungstabelle oder durch Interpolieren zwischen geräteunabhängigen Koordinaten-/geräteabhängigen Farbbildsignaltripeln, die aus der besagten ersten Konvertierungstabelle bekannt sind;

(5) Bestimmung des Farbdifferenzwertes  $\Delta E$  zwischen jedem Tripel der Gruppe zweiter geräteunabhängiger Koordinatentripel und dem geräteunabhängigen Koordinatentripel der besagten Zielfarbe;

(6) Auswahl eines Tripels der Gruppe besagter zweiter geräteunabhängiger Koordinatentripel, das den kleinsten Wert von  $\Delta E$  aufweist; und

(7) Verwendung des geräteabhängigen Farbbildsignaltripels, das dem geräteunabhängigen Koordinatentripel mit dem kleinsten Wert von  $\Delta E$



entspricht, um ein geräteabhängiges Farbbildsignal zu erzeugen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die besagte erste Konvertierungstabelle tatsächliche  
5 geräteabhängige Farbbildsignaltripel mit geräteunabhängigen Koordinatentripeln in Beziehung bringt, die von der durch die besagten jeweiligen tatsächlichen geräteabhängigen Farbbildsignaltripel mit dem besagten Farbausgabegerät erzeugten Farbe gemessen  
10 werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, das ferner folgendes umfaßt:

(8) Speichern des geräteunabhängigen Koordinatentripels der besagten Zielfarbe als  
15 Eingangstripel und des besagten erzeugten geräteabhängigen Farbbildtripels, das während des Schritts (7) bestimmt wurde, als Ausgangstripel in Form einer zweiten Konvertierungstabelle.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden  
20 Ansprüche, wobei der besagte Schritt (3) der Auswahl einer Gruppe zweiter geräteabhängiger Farbbildsignaltripel, die das besagte erste geräteabhängige Farbbildsignaltripel umgeben, die Auswahl einer Gruppe bekannter vorgewählter zweiter geräteabhängiger  
25 Farbbildsignaltripel enthält, die das besagte erste geräteabhängige Farbbildsignaltripel umgeben.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die besagte Farbdifferenz  $\Delta E$  der Abstand in dem geräteunabhängigen CIEL\*a\*b\*-Raum  
30 zwischen dem geräteunabhängigen Koordinatentripel der besagten Zielfarbe und dem geräteunabhängigen Koordinatentripel ist, das einem geräteabhängigen Farbbildsignaltripel entspricht, wobei  $\Delta E$  durch

$$\Delta E = \sqrt{r\Delta L^2 + s\Delta a^2 + t\Delta b^2}$$

35 gegeben ist, wobei  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  die Differenzen in dem geräteunabhängigen CIEL\*a\*b\*-Raum zwischen der ersten, zweiten bzw. dritten Koordinate des geräteunabhängigen Koordinatentripels der besagten Zielfarbe und der ersten, zweiten bzw. dritten Koordinate des

28.05.99

geräteunabhängigen Koordinatentripels darstellen, das dem geräteabhängigen Farbbildsignaltripel entspricht, und  $r$ ,  $s$ ,  $t$  Gewichtungswerte sind, die gleich 1 sein können.

- 5 6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei ein geräteabhängiges Farbbildsignaltripel, das vorzugsweise dem besagten ersten geräteunabhängigen Koordinatentripel entspricht, als Angel-Tripel  $A_c$ ,  $B_c$ ,  $C_c$  angezeigt wird, wobei bei den Schritten (3) bis (7)

- 10 (a) für jeden Wert des besagten Angel-Tripels  $A_c$ ,  $B_c$ ,  $C_c$  ein positives und negatives Inkrement auf der A-, B- bzw. C-Achse des ABC-Farbraums des besagten Ausgabegeräts ausgewählt wird und somit jeweils zwei neue zusätzliche Punkte auf der A-, B- bzw. C-Achse  
15 definiert werden;

- (b) die besagte Gruppe zweiter geräteabhängiger Farbbildsignaltripel bestimmt wird, die das besagte erste geräteabhängige Farbbildsignaltripel umgeben, indem alle möglichen A-, B-, C-Kombinationstriple aus dem besagten Angel-Tripel und den besagten Inkrementen  
20 bestimmt werden;

- (c) die Gruppe zweiter geräteunabhängiger Koordinatentripel durch Interpolation berechnet wird, wobei die geräteunabhängigen Koordinatentripel  
25 verwendet werden, die in der besagten ersten Konvertierungstabelle für ABC-Tripel gespeichert sind, die der besagten Gruppe zweiter geräteabhängiger Farbbildsignaltripel benachbart sind;

- (d) für jedes besagte berechnete zweite  
30 geräteunabhängige Koordinatentripel die Differenz  $\Delta E$  mit dem geräteunabhängigen Koordinatentripel der besagten Zielfarbe berechnet wird;

- (e) aus der besagten Gruppe zweiter geräteabhängiger Farbbildsignale und dem Angel-Tripel  
35 dasjenige als das neue Tripel  $A_c$ ,  $B_c$ ,  $C_c$  ausgewählt wird, das dem berechneten geräteunabhängigen Koordinatentripel mit dem kleinsten Farbdifferenzwert  $\Delta E$  entspricht; und

25.05.98

(f) das Verfahren beendet wird, und zwar vorzugsweise dann, wenn der besagte kleinste berechnete Farbdifferenzwert  $\Delta E$  von Schritt (f) kleiner als ein vorbestimmter minimaler Differenzwert ist, und das  
5 besagte neue Tripel  $A_c$ ,  $B_c$ ,  $C_c$  als das erzeugte geräteabhängige Farbsignal verwendet wird oder die Schritte (a) bis (f) unter Verwendung des besagten neuen Tripels  $A_c$ ,  $B_c$ ,  $C_c$  als das neue Angel-Tripel wiederholt werden.

10 7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei mindestens eines und vorzugsweise alle der besagten Inkremente von Schritt (a) im Vergleich mit den vorherigen Inkrementen um einen vorbestimmten Wert verkleinert werden oder auf einem entsprechenden vorbestimmten Minimalwert gehalten  
15 werden, wodurch jeweils zwei neue zusätzliche Punkte auf der A-, B- und der C- Achse definiert werden.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, wobei im Schritt (f) das Verfahren beendet wird, wenn die besagten Inkremente gleich ihrem entsprechenden  
20 Minimalwert sind und wenn das neue Tripel  $A_c$ ,  $B_c$ ,  $C_c$  mit dem der vorherigen Iteration identisch ist, und das neue Tripel  $A_c$ ,  $B_c$ ,  $C_c$  als das erzeugte geräteabhängige Signal verwendet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei das  
25 besagte Verkleinern nur dann ausgeführt wird, wenn das besagte neue Tripel  $A_c$ ,  $B_c$ ,  $C_c$  mit dem vorherigen Angel-Tripel  $A_c$ ,  $B_c$ ,  $C_c$  identisch ist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei alle Inkremente in dem besagten Schritt (a) auf  
30 jeder der drei Achsen A, B und C einen gleichen Abstand bezüglich des besagten Angelpunkts  $A_c$ ,  $B_c$ ,  $C_c$  aufweisen.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei alle Inkremente so verkleinert werden, daß sie  
35 auf jeder der drei Achsen A, B und C einen gleichen Abstand bezüglich des besagten Angelpunkts  $A_c$ ,  $B_c$ ,  $C_c$  aufweisen.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 8, wobei der Schritt (f) weiterhin die

Anwesenheit einer Zielfarbe anzeigt, die außerhalb des Farbumfangs des besagten Farbausgabegeräts liegt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 12, wobei der Schritt (f) die Anwesenheit einer Zielfarbe anzeigt, die außerhalb des Farbumfangs des besagten Ausgabegeräts liegt, wenn mindestens ein Wert des besagten neuen Tripels Ac, Bc, Cc ein Minimal- oder ein Maximalwert des ABC-Raums des besagten Farbausgabegeräts ist und der besagte entsprechende Farbdifferenzwert  $\Delta E$  größer als der besagte vorbestimmte minimale Farbdifferenzwert ist.

14. Vorrichtung zur Erzeugung geräteabhängiger Farbbildsignale, die bei der Verwendung zur Erzeugung einer Farbe mit einem Farbausgabegerät (30) Zielfarben zumindest approximieren, wobei die besagte Vorrichtung folgendes umfaßt:

(a) Eingabemittel zum Empfangen eines geräteunabhängigen Koordinatentripels einer gegebenen Zielfarbe;

(b) ein erstes Speichermittel (20), in dem eine erste Konvertierungstabelle gespeichert wird, wobei die besagte erste Konvertierungstabelle geräteabhängige Farbbildsignaltripel eines Farbausgabegeräts und ihre entsprechenden geräteunabhängigen Koordinatentripel enthält;

(c) ein Datenprozessormittel (10), um auf der Grundlage der besagten ersten Konvertierungstabelle eine Konvertierung des besagten geräteunabhängigen Tripels der besagten Zielfarbe in ein erzeugtes geräteabhängiges Farbbildsignalkoordinatentripel durchzuführen, das die besagte Zielfarbe zumindest approximiert, wobei das besagte Datenprozessormittel (10) für folgendes ausgelegt ist:

Bestimmung eines ersten geräteunabhängigen Koordinatentripels in der besagten ersten Konvertierungstabelle, das den kleinsten Farbdifferenzwert  $\Delta E$  mit dem geräteunabhängigen Koordinatentripel einer Zielfarbe aufweist;

Bestimmung eines ersten geräteabhängigen Farbbildsignaltripels auf der Grundlage der besagten ersten Konvertierungstabelle, das dem besagten ersten geräteunabhängigen Koordinatentripel entspricht;

- 5        Definition einer Gruppe zweiter geräteabhängiger Farbbildsignaltripel, die das besagte erste geräteabhängige Farbbildsignaltripel umgeben;

- Bestimmung zweiter geräteunabhängiger Koordinatentripel, die jedem Tripel der Gruppe zweiter  
10    geräteabhängiger Farbbildsignaltripel entsprechen, auf der Grundlage der besagten ersten Konvertierungstabelle oder durch Interpolieren zwischen geräteunabhängigen Koordinaten-/geräteabhängigen Farbbildsignaltripeln, die aus der besagten ersten Konvertierungstabelle  
15    bekannt sind;

Bestimmung des Farbdifferenzwertes  $\Delta E$  zwischen jedem Tripel der Gruppe zweiter geräteunabhängiger Koordinatentripel und dem geräteunabhängigen Koordinatentripel der besagten Zielfarbe;

- 20        Auswählen eines Tripels der Gruppe der besagten zweiten geräteunabhängigen Koordinatentripel, das den kleinsten Wert von  $\Delta E$  aufweist; und

- Erzeugen des besagten geräteabhängigen Farbbildsignalkoordinatentripels unter Verwendung des  
25    geräteabhängigen Farbbildsignaltripels, das dem geräteunabhängigen Koordinatentripel mit dem kleinsten Wert von  $\Delta E$  entspricht.

15.        Vorrichtung nach Anspruch 14, die weiterhin folgendes umfaßt:

- 30        ein zweites Speichermittel zur Speicherung des geräteunabhängigen Koordinatentripels der besagten Zielfarbe als Eingangstripel und des besagten geräteabhängigen Farbbildsignaltripels mit dem kleinsten  $\Delta E$ , das die besagte Zielfarbe zumindest  
35    approximiert, als ein Ausgangstripel in Form einer zweiten Konvertierungstabelle.

16.        Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, wobei das besagte Datenverarbeitungsmittel für die Auswahl einer Gruppe bekannter vorgewählter zweiter geräteabhängiger

Farbbildsignaltripel als die besagte Gruppe zweiter geräteabhängiger Farbbildsignaltripel, die das besagte erste geräteabhängige Farbbildsignaltripel umgeben, ausgelegt ist.

- 5 17. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die besagte Farbdifferenz  $\Delta E$  der Abstand in dem geräteunabhängigen CIEL\*a\*b\*-Raum zwischen dem geräteunabhängigen Koordinatentripel der besagten Zielfarbe und dem geräteunabhängigen  
10 Koordinatentripel ist, das einem geräteabhängigen Farbbildsignaltripel entspricht, wobei  $\Delta E$  durch

$$\Delta E = \sqrt{r\Delta L^{*2} + s\Delta a^{*2} + t\Delta b^{*2}}$$

- gegeben ist, wobei  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  die Differenzen in dem geräteunabhängigen CIEL\*a\*b\*-Raum zwischen der ersten,  
15 zweiten bzw. dritten Koordinate des geräteunabhängigen Koordinatentripels der besagten Zielfarbe und der ersten, zweiten bzw. dritten Koordinate des geräteunabhängigen Koordinatentripels darstellen, das dem geräteabhängigen Farbbildsignaltripel entspricht,  
20 und  $r$ ,  $s$ ,  $t$  Gewichtungswerte sind, die gleich 1 sein können.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17, wobei das besagte Datenprozessormittel weiterhin folgendes umfaßt:

- 25 Anzeigemittel zur Anzeige eines geräteabhängigen Farbbildsignalkoordinatentripels, das vorzugsweise dem besagten ersten geräteunabhängigen Koordinatentripel entspricht, als Angel-Tripel  $A_c$ ,  $B_c$ ,  $C_c$ ; und

- 30 Verarbeitungsmittel zur Ausführung der in einem der Ansprüche 6 bis 11 definierten Schritte (a) bis (f).

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 18 mit Informationsausgabemitteln, die ein Signal  
35 ausgeben, das die Anwesenheit einer durch die besagten Eingabemittel empfangenen Zielfarbe anzeigt, die außerhalb des Farbumfangs des besagten Farbausgabegeräts liegt.

20.05.90

20. Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19 mit Erkennungsmitteln zum Erkennen der Anwesenheit einer durch die besagten Eingabemittel empfangenen Zielfarbe, die außerhalb des Farbumfangs des besagten Farbausgabegeräts liegt, wenn mindestens ein Wert des besagten neuen Tripels Ac, Bc, Cc ein Minimal- oder ein Maximalwert des ABC-Farbraumumfangs des besagten Farbausgabegeräts ist und der besagte entsprechende Farbdifferenzwert  $\Delta E$  größer als der besagte vorbestimmte minimale Farbdifferenzwert ist.

21. Farbausgabegerät (30), das die Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 20 umfaßt.

22. Kombination eines Farbausgabegerätes, insbesondere eines Farbdruckers oder Farbkopierers, mit einer durch einen der Ansprüche 14 bis 20 definierten Vorrichtung, wobei das besagte Farbausgabegerät folgendes umfaßt:

(a) Eingabemittel zum Empfangen geräteunabhängiger Koordinatentripel als Zielfarben;

(b) ein Speichermittel zum Speichern der geräteunabhängigen Koordinatentripel und der entsprechenden geräteabhängigen Farbbildsignaltripel, die durch die besagte Vorrichtung in einem der Ansprüche 14 bis 20 als Eingangs- bzw. Ausgangstripel einer Konvertierungstabelle ausgegeben werden.

(c) ein Datenverarbeitungsmittel, um auf der Grundlage der besagten Konvertierungstabelle, die in dem besagten Speichermittel gespeichert ist, für ein durch die besagten Eingabemittel empfangenes geräteunabhängiges Koordinatentripel einer Zielfarbe das entsprechende geräteabhängige Farbbildsignaltripel zu bestimmen; und

(d) Ausgabemittel zur Ausgabe einer Farbe, die durch ein geräteabhängiges Farbbildsignaltripel dargestellt wird, das durch das besagte Datenverarbeitungsmittel bestimmt wird, wobei die besagte ausgegebene Farbe eine Zielfarbe zumindest approximiert.

28.05.98

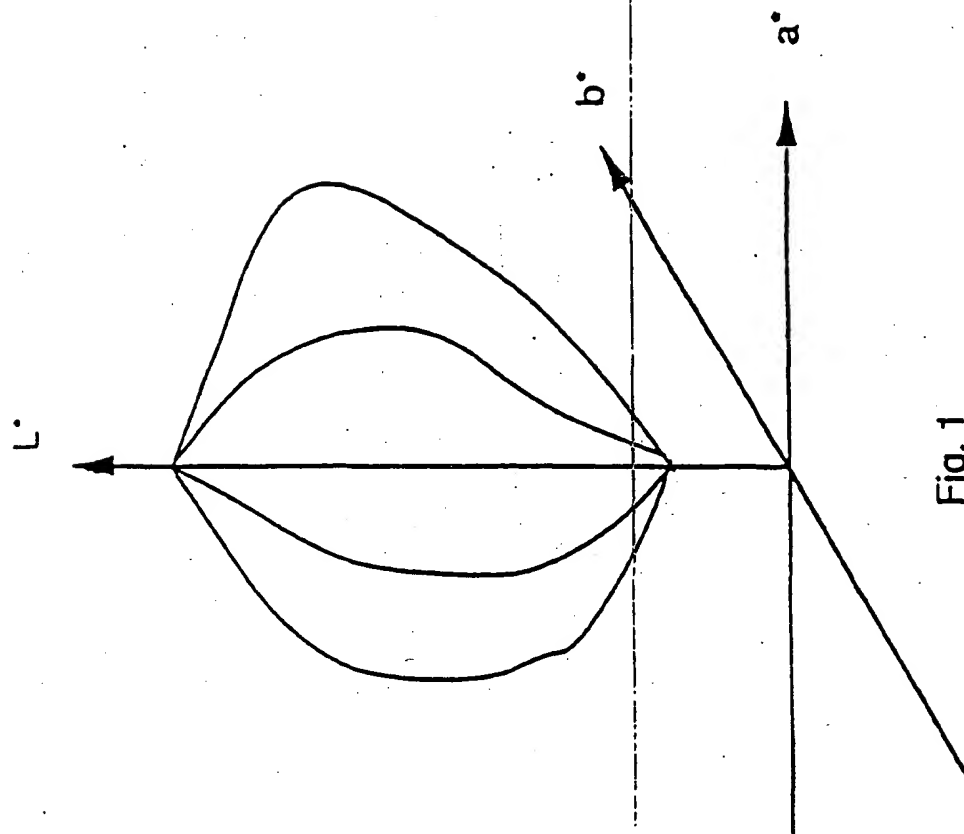


Fig. 1



28.05.98

Index k	Wert A	Index l	Wert B	Index m	Wert C
0	Amin	0	Bmin	0	Cmin
1		1		1	
2		2		2	
.		.		.	
.		.		.	
.		.		.	
.		.		.	
.		.		.	
.		.		.	
.		.		.	
.		.		.	
.		.		.	
r	Amax	s	Bmax	l	Cmax

Fig. 2

28.05.98

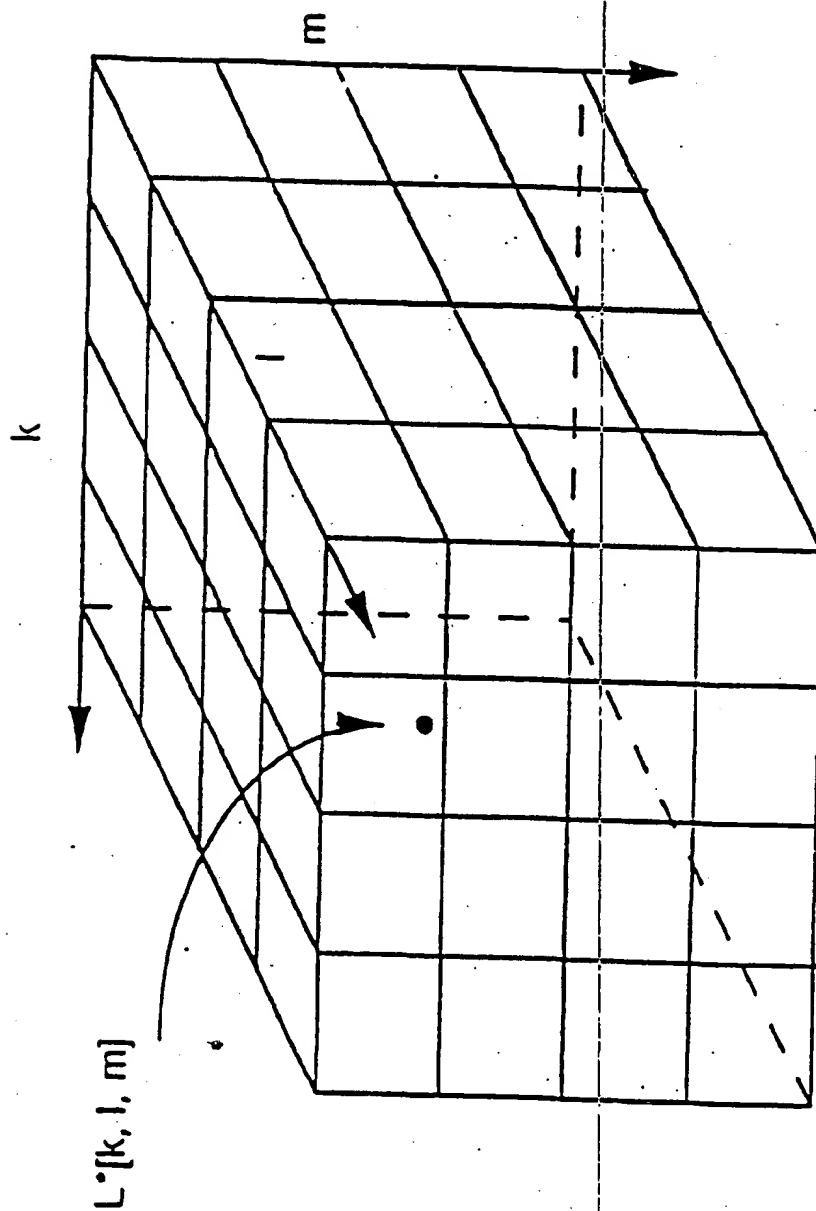


Fig. 3

26.05.98

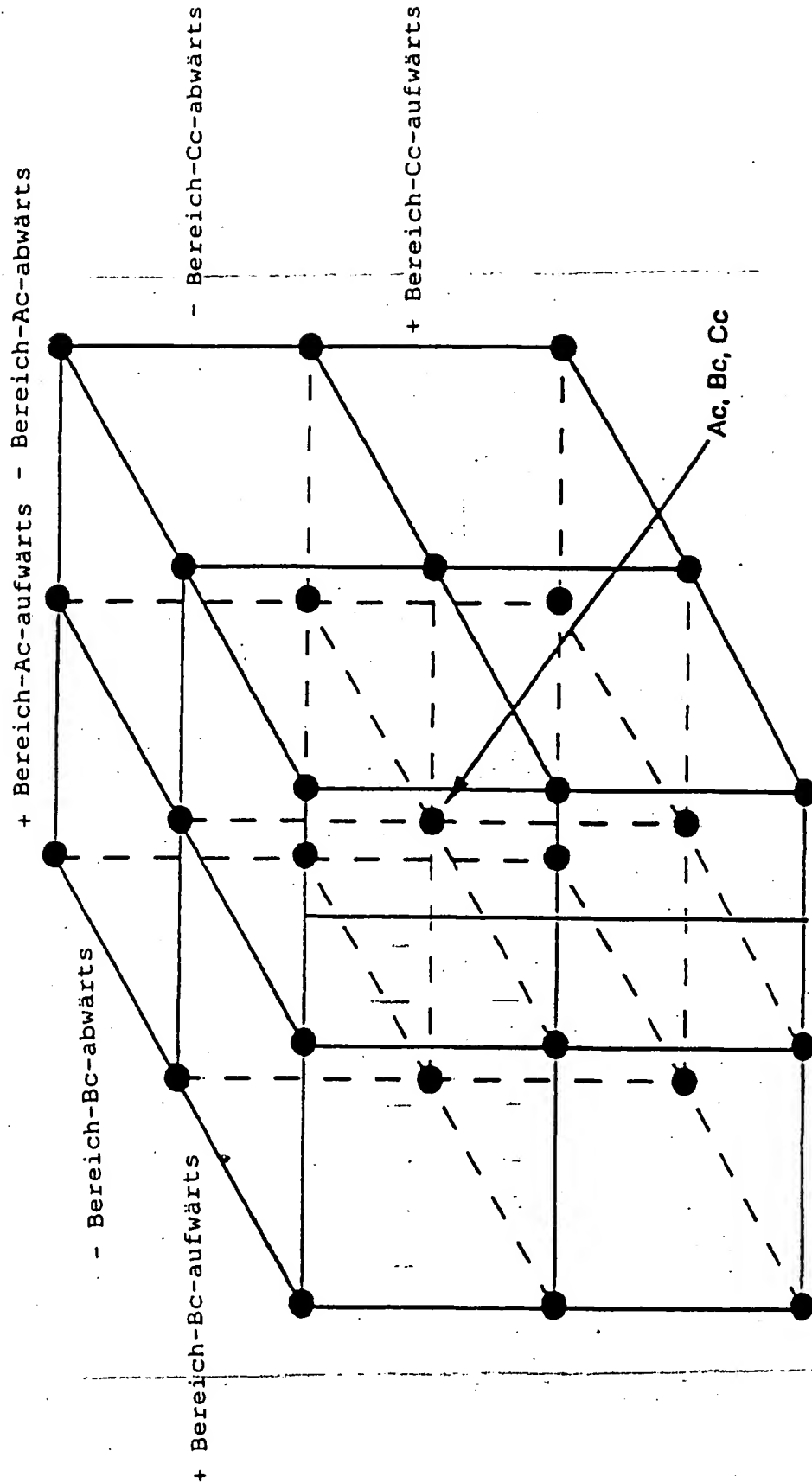


Fig. 4

28.03.98

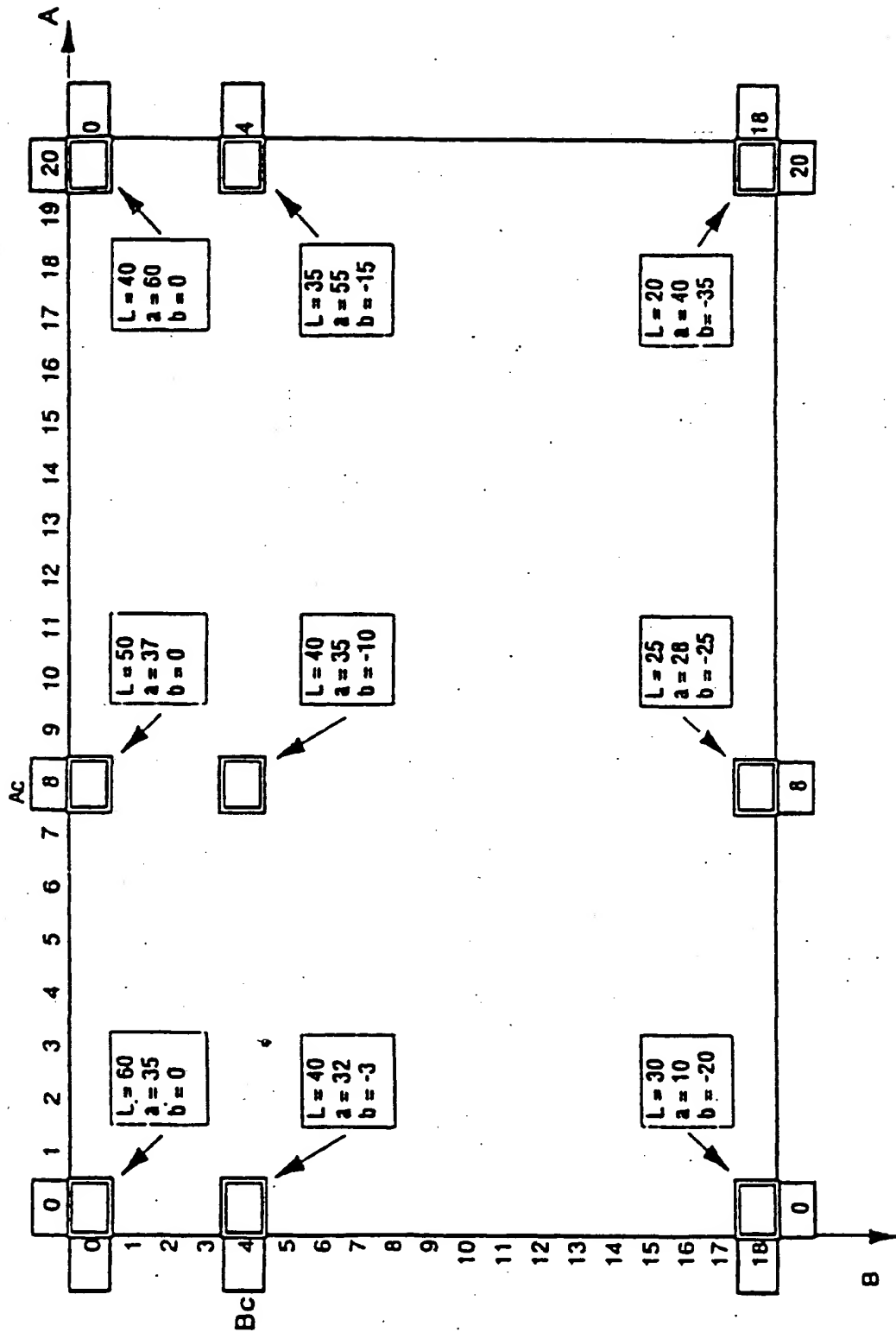


Fig. 5

28.05.98

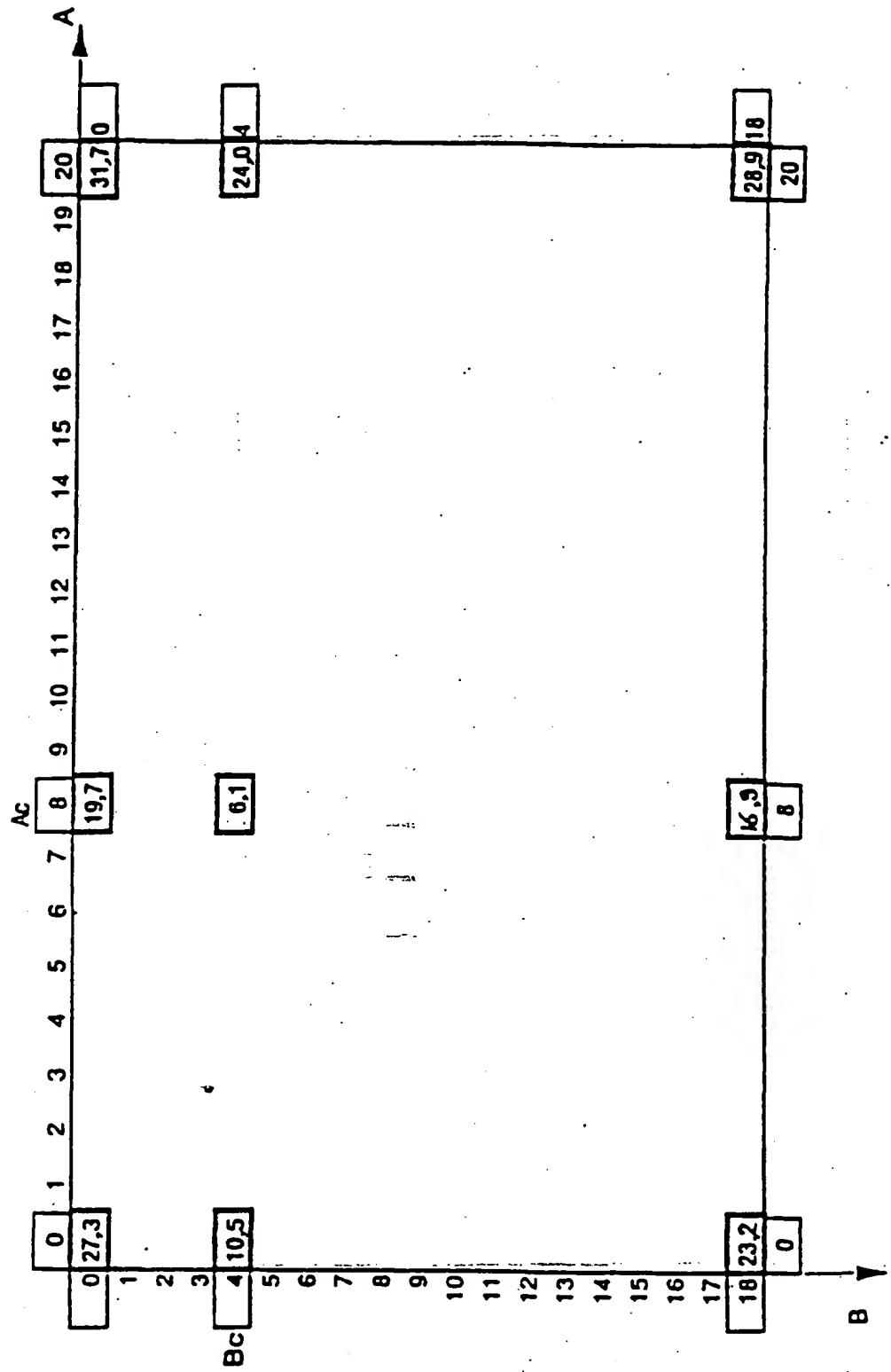


Fig. 6

28.05.98

Binäres Verfahren, Iteration 1

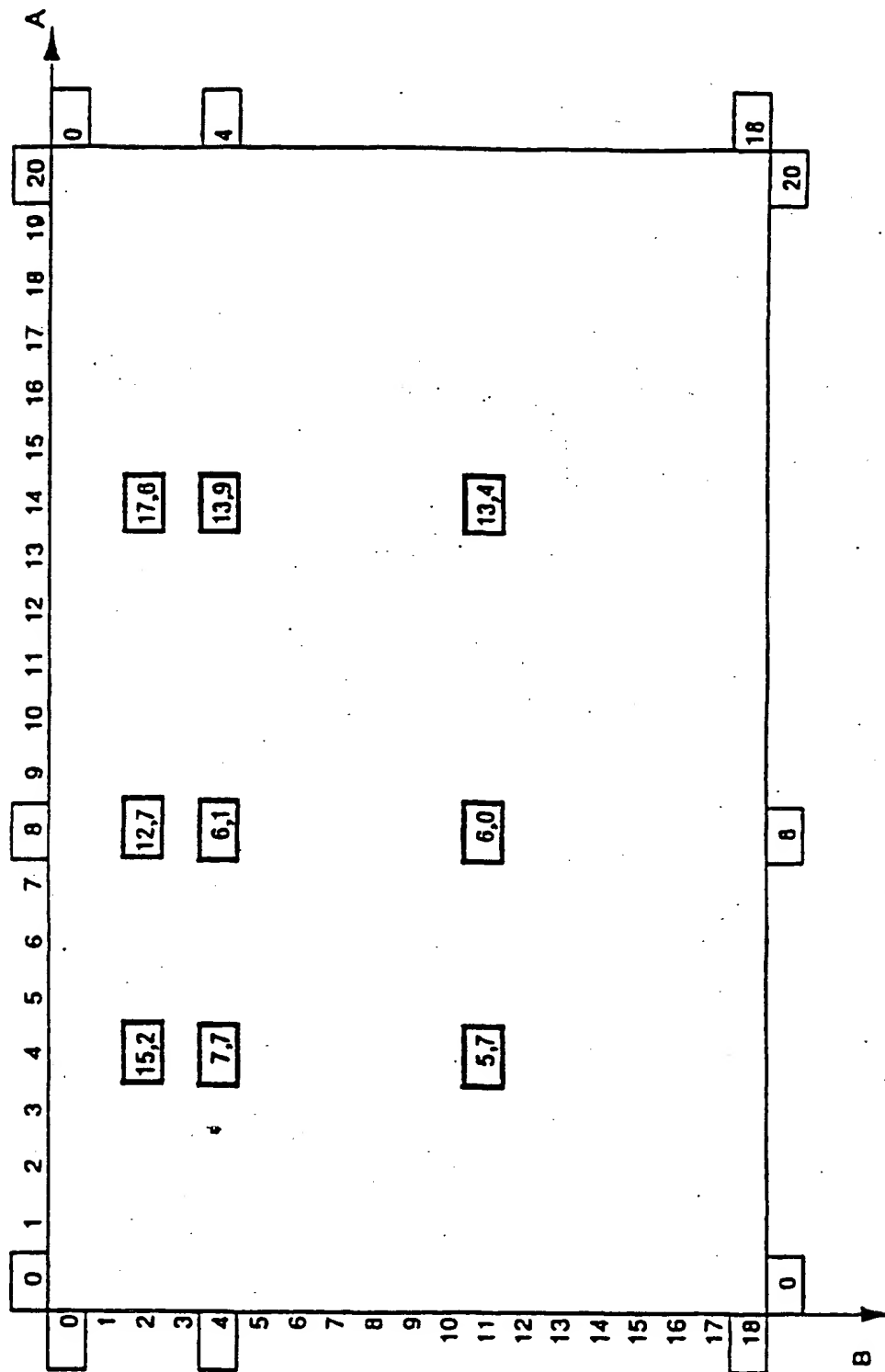


Fig. 7a

26.05.98

Binäres Verfahren, Iteration 2

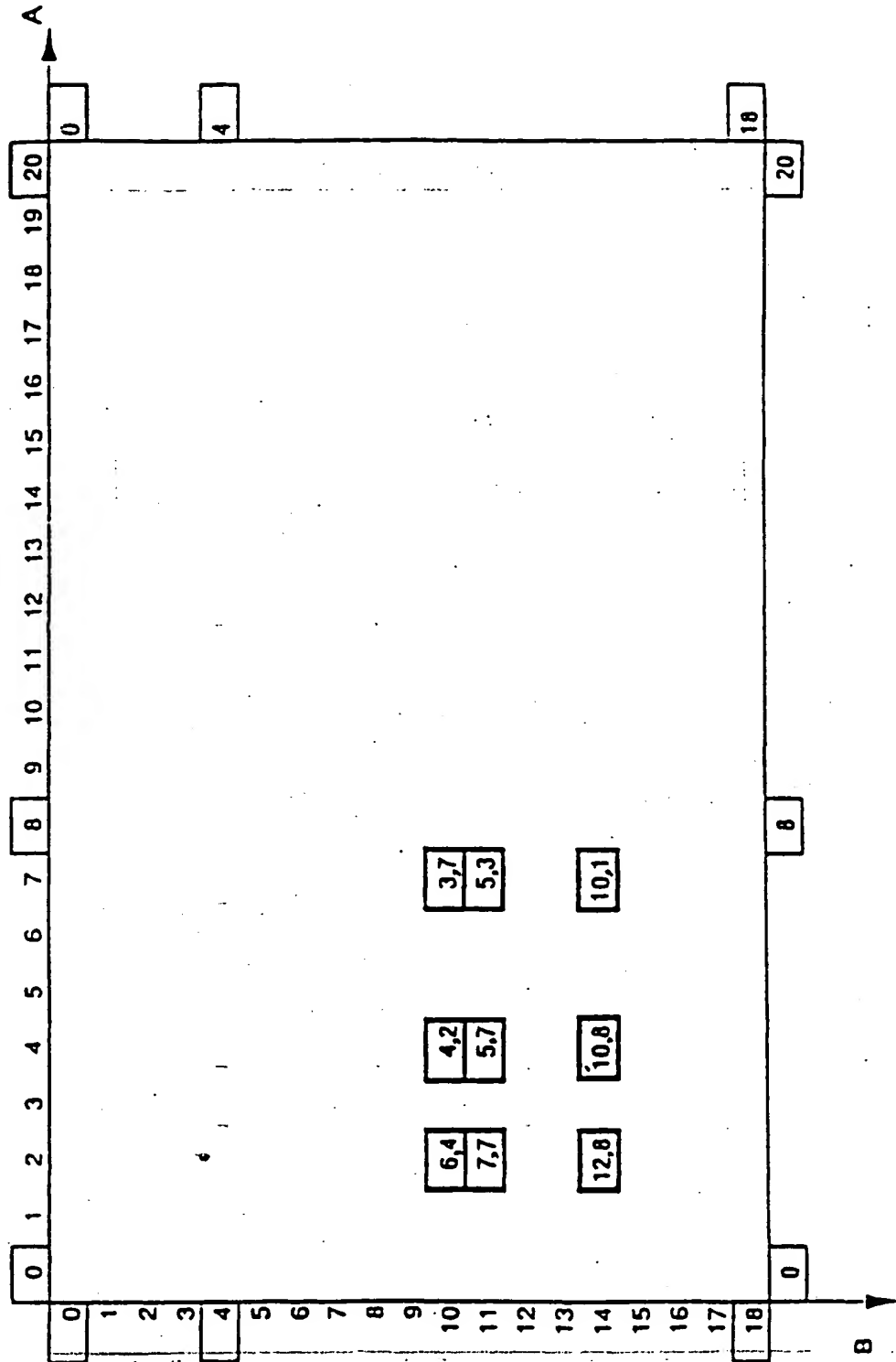


Fig. 7b

28.05.98

Binäres Verfahren, Iteration 3

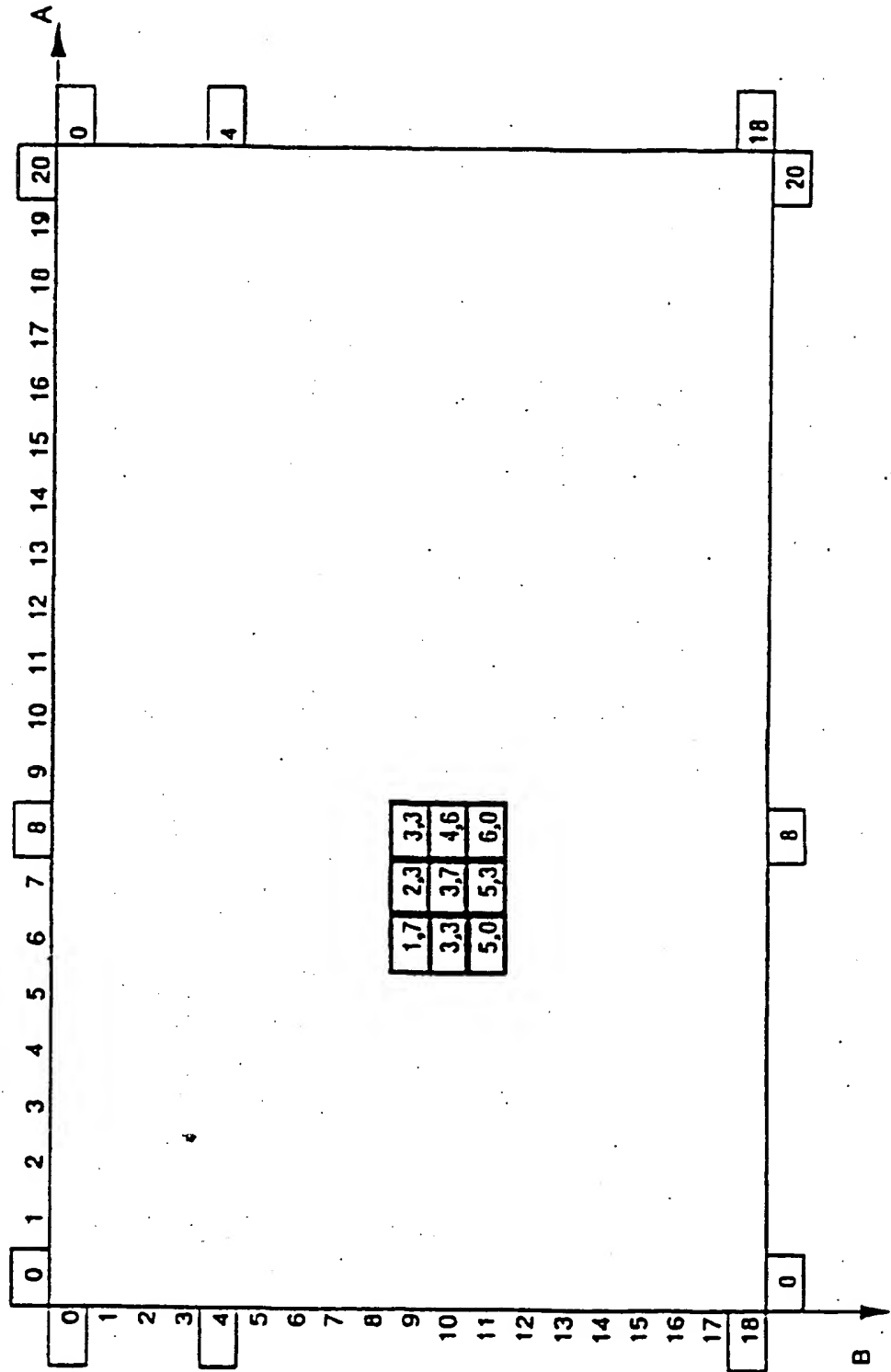


Fig. 7c



Binäres Verfahren, Iteration 4

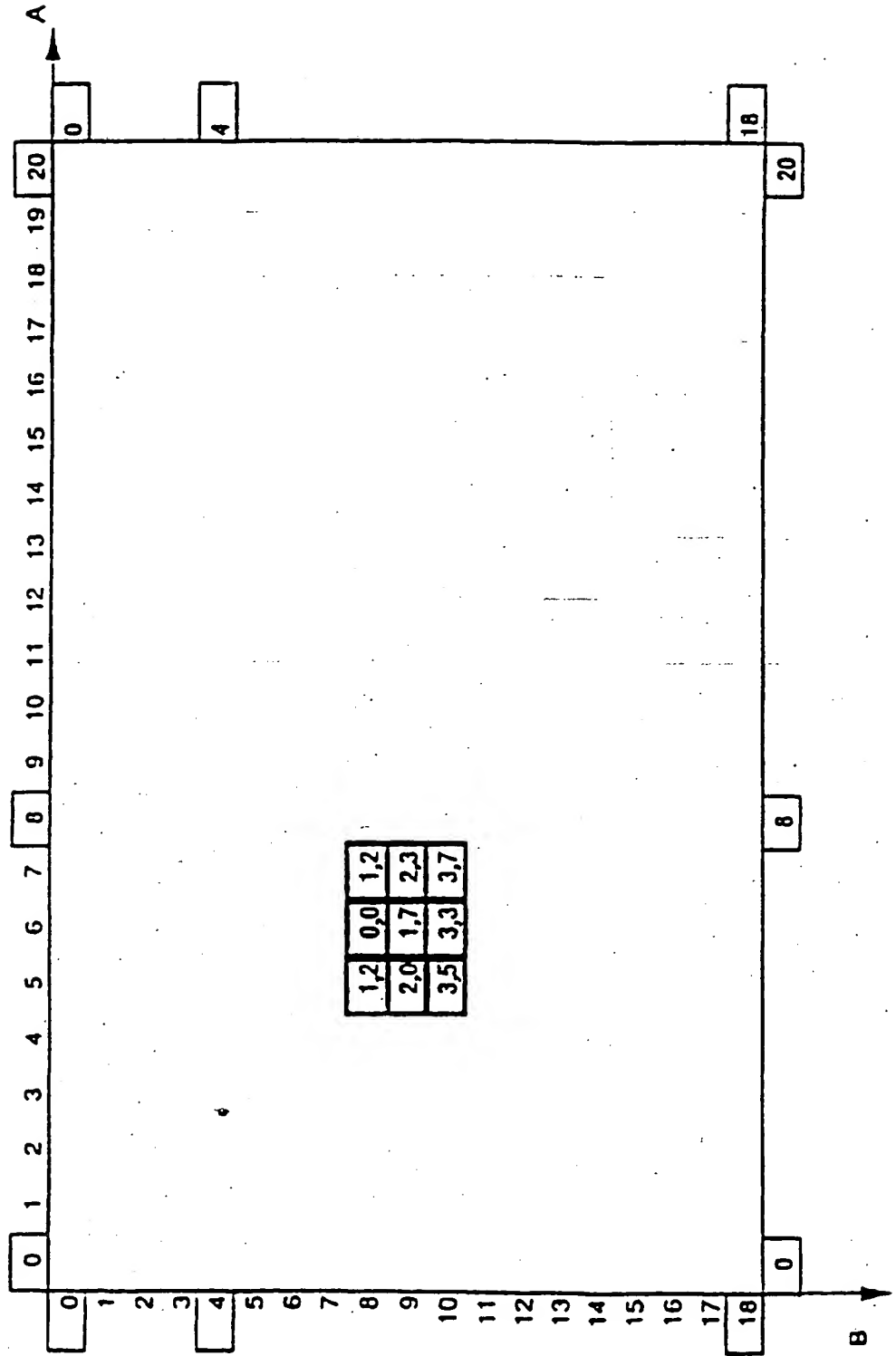


Fig. 7d

28.05.98

Modifiziertes binäres Verfahren, Iteration 1

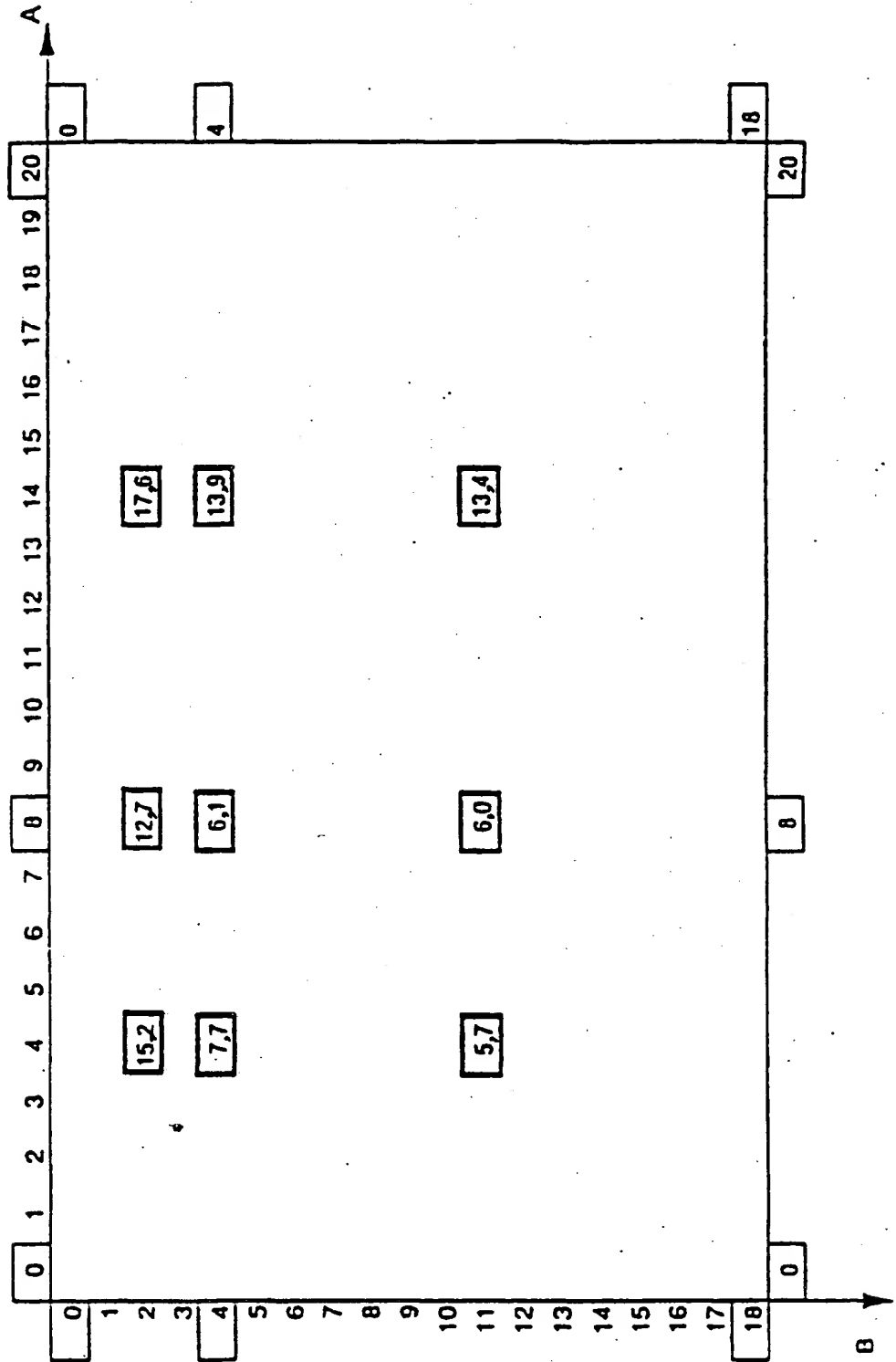


Fig. 8a

28.05.98

Modifiziertes binäres Verfahren, Iteration 2

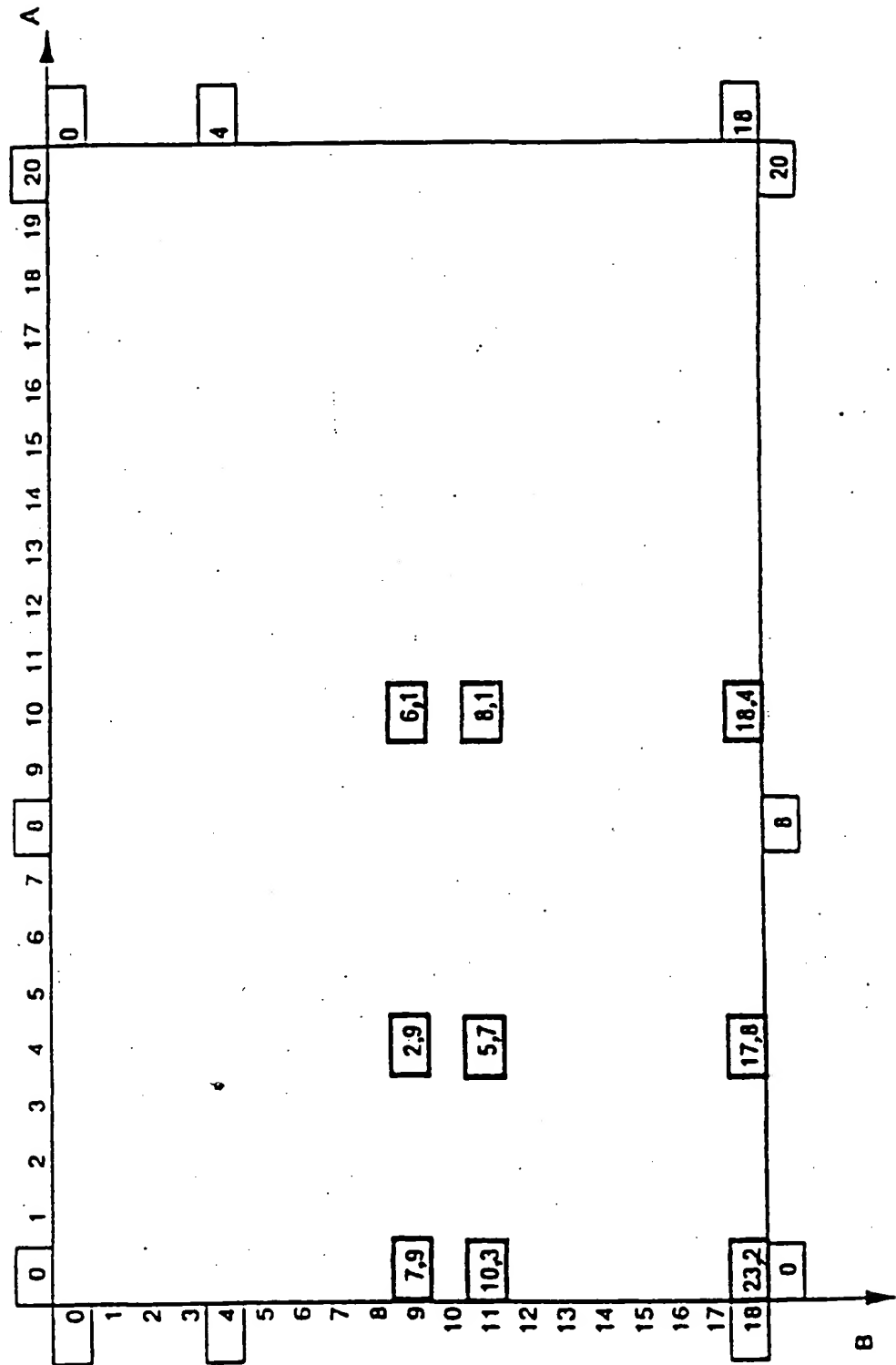


Fig. 8b

### Modifiziertes binäres Verfahren, Iteration 3

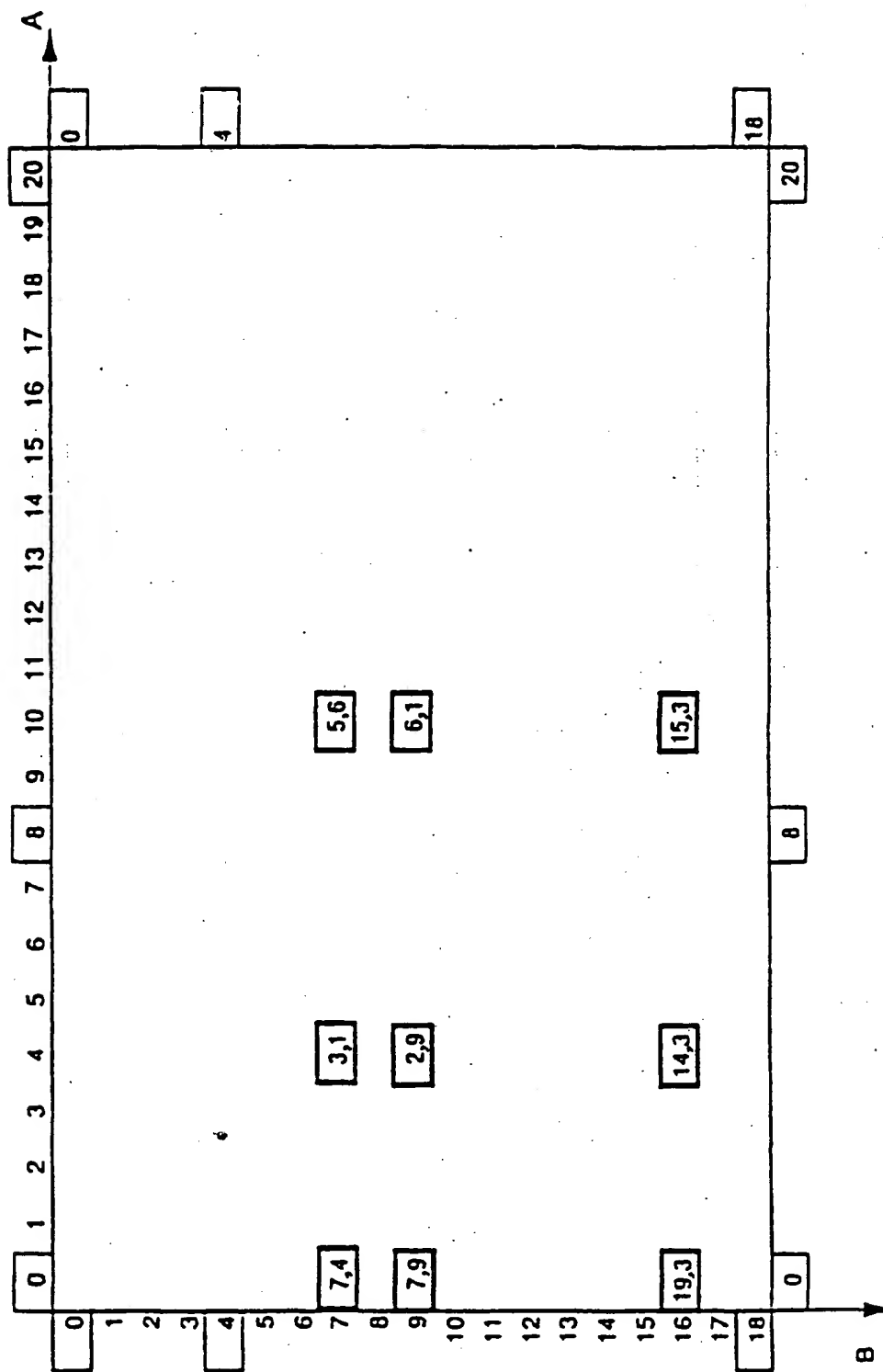


Fig. 8c

28.05.98

Modifiziertes binäres Verfahren, Iteration 4

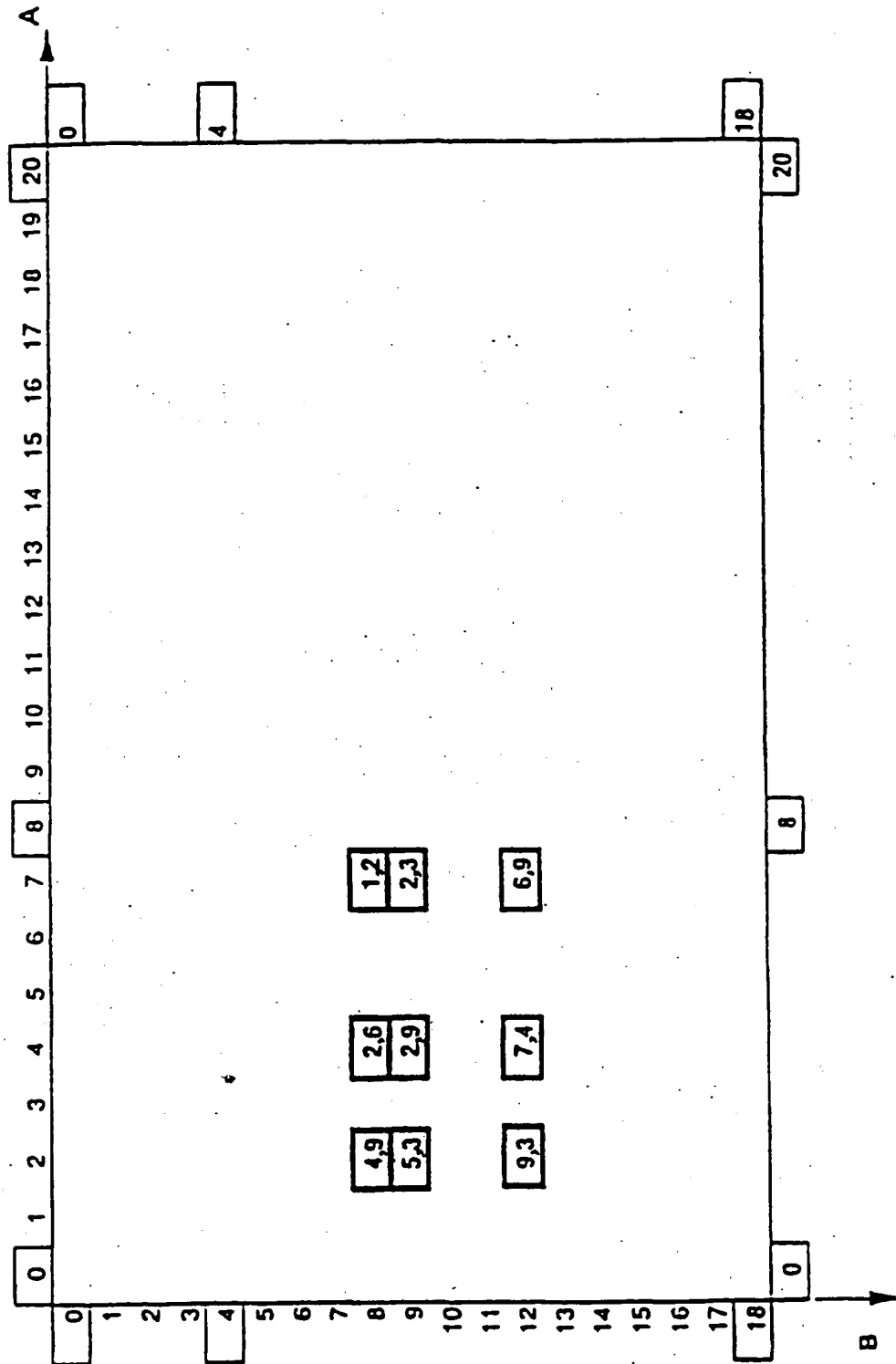


Fig. 8d

28.05.98

Modifiziertes binäres Verfahren, Iteration 5

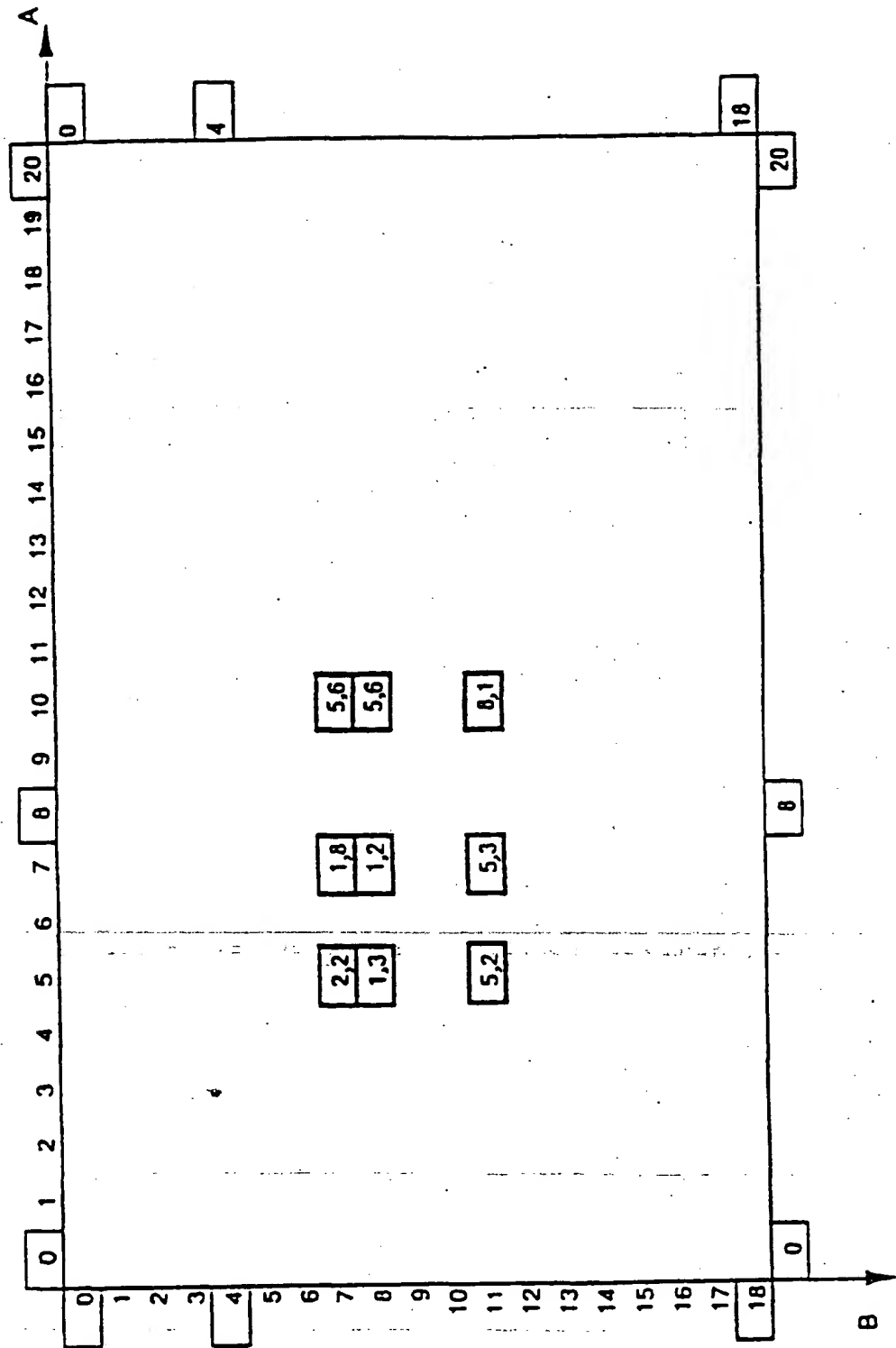


Fig. 8e

26.05.98

Modifiziertes binäres Verfahren, Iteration 6

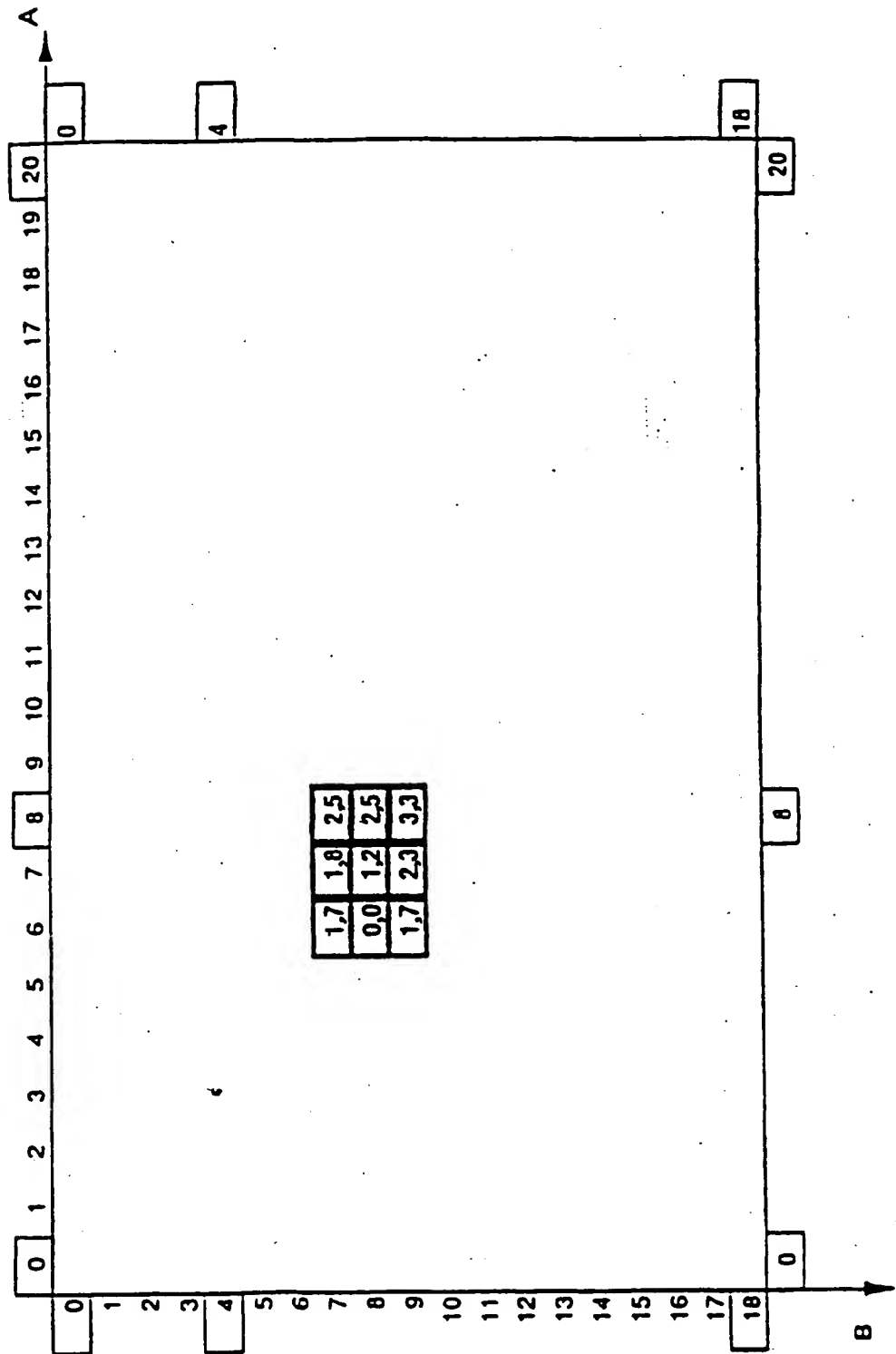


Fig. 8f

26.05.98

Inkrementelles Verfahren, Iteration 1

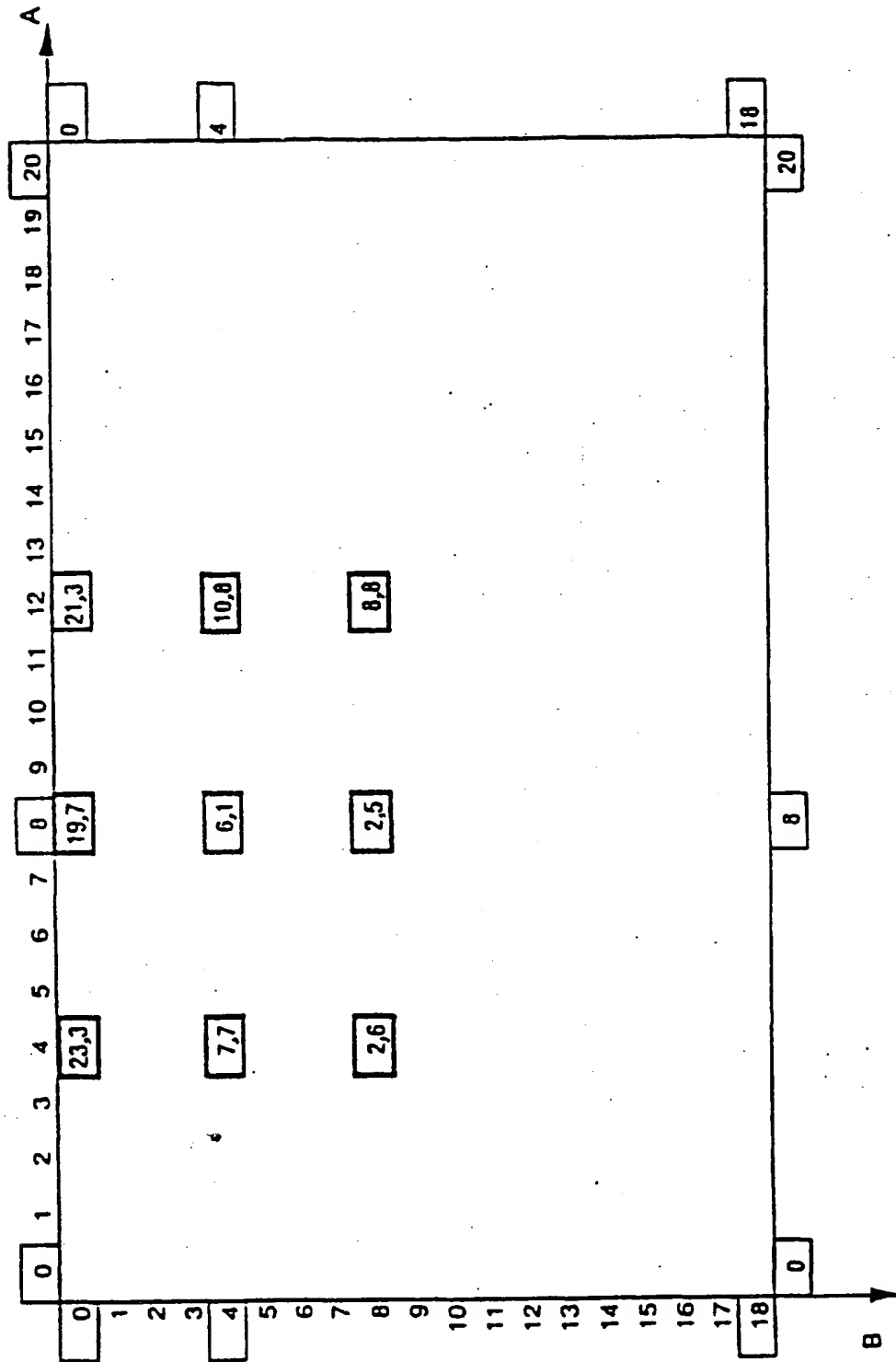


Fig. 9a



28.05.98

Inkrementelles Verfahren, Iteration 2

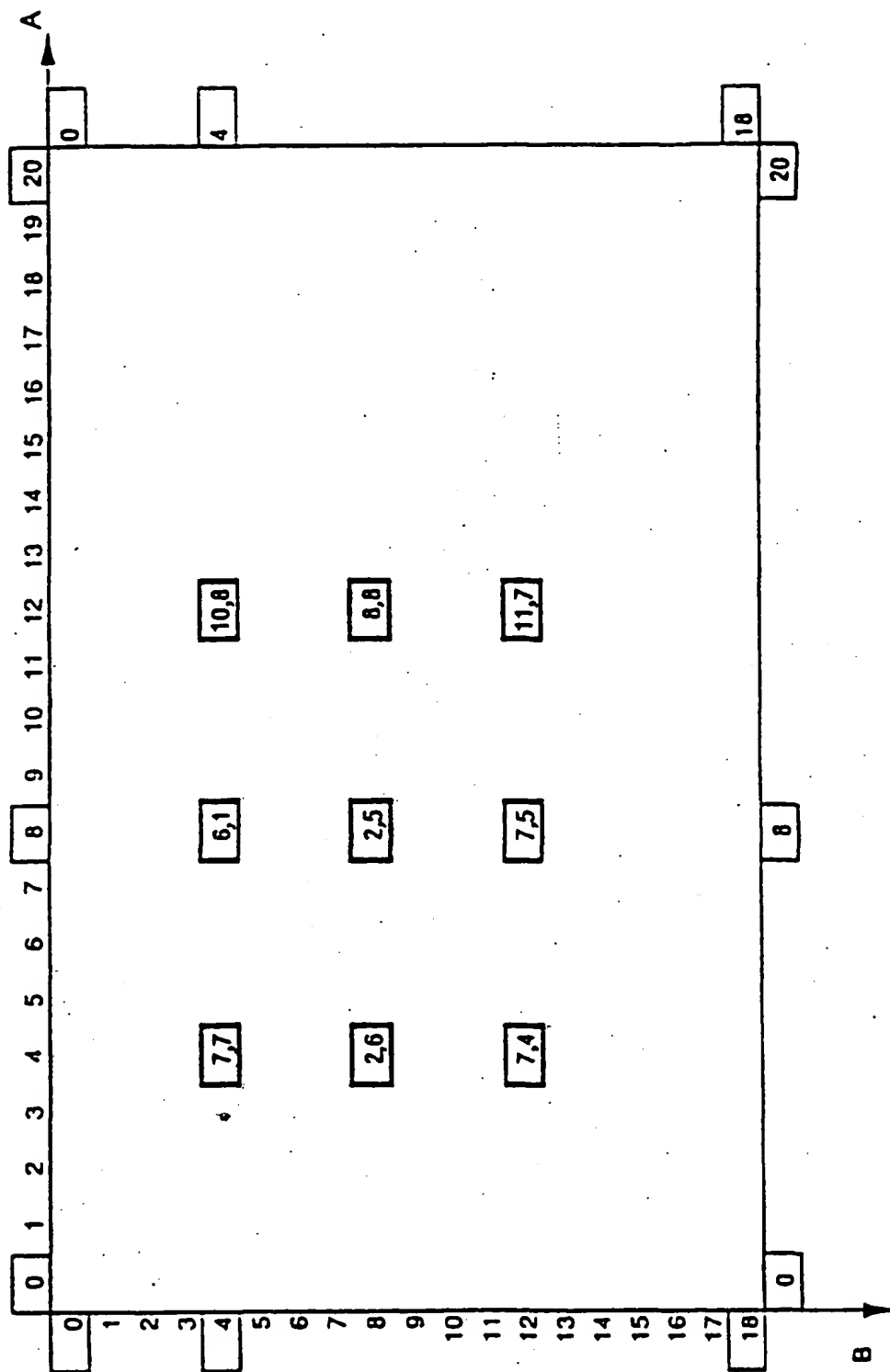


Fig. 9b

28.05.98

Inkrementelles Verfahren, Iteration 3

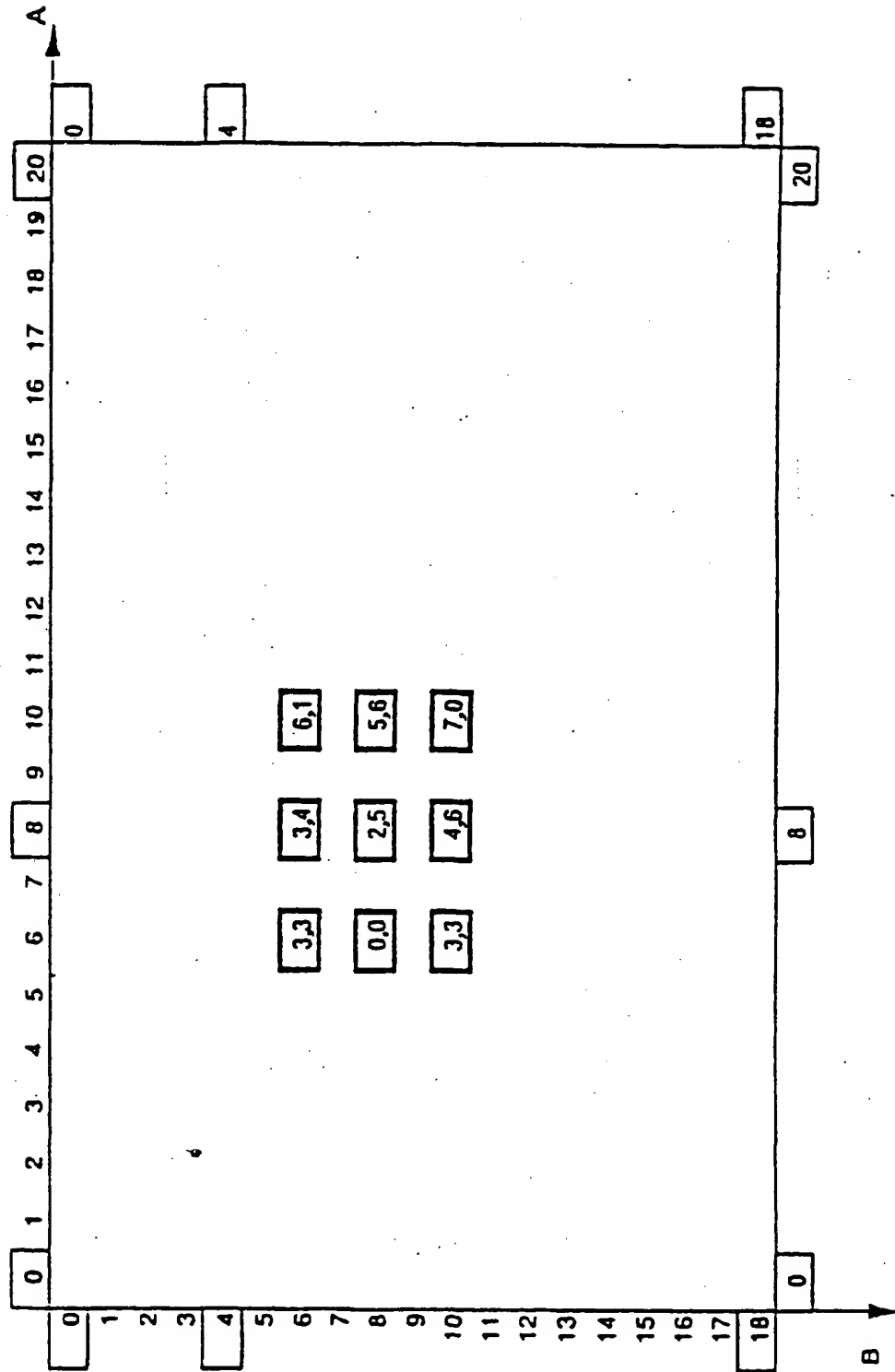
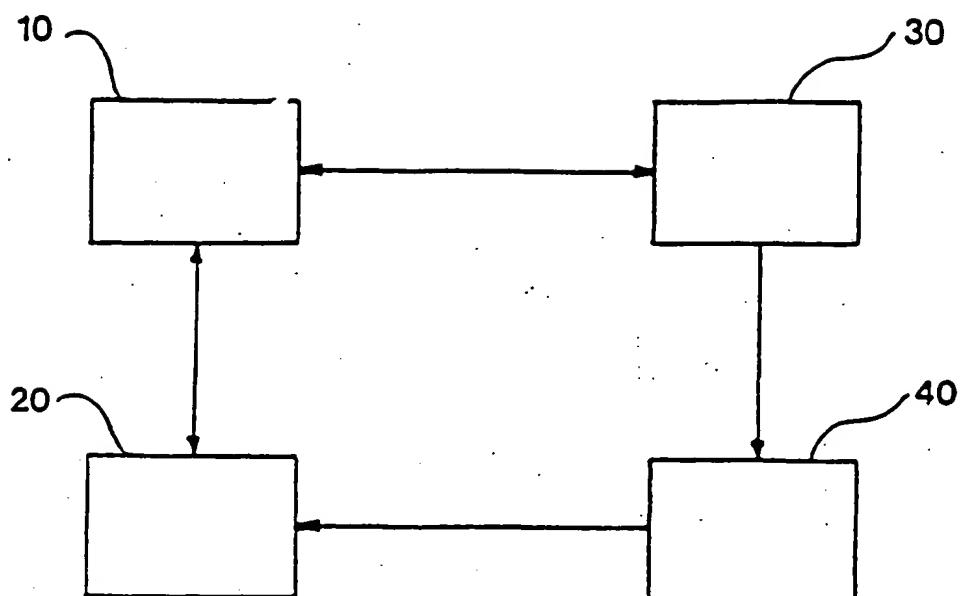


Fig. 9c

26.05.98



$\bar{h}_g.10$

DOCKET NO: A-2496

SERIAL NO: 09/739,518

APPLICANT: Mayer et al.

LERNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100